



As Mineralizações de Sn, W e Au na Mina de Vale Pião (Góis): mineralogia e geoquímica

Inês Isabel Martins Fernandes

Mestrado em Geologia Económica
Especialização em Prospeção Mineral

Relatório de Estágio orientado por:
Professor Doutor Luís Miguel Guerreiro Galla Gaspar
Daniela Lobarinhas Carvalho

Agradecimentos

O relatório de estágio desenvolvido foi proporcionado pela parceria entre a EDM - Empresa de Desenvolvimento Mineiro, S.A. e a Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa. Neste sentido, quero deixar o meu agradecimento a ambas as entidades por todo o tipo de apoio fornecido durante a execução deste relatório.

Quero deixar um profundo agradecimento ao meu orientador, professor Miguel Gaspar, não só pela constante disponibilidade e apoio, como também pela paciência por todas as “dúvidas existenciais”, pelos momentos de descontração e por todo o conhecimento que me transmitiu durante este percurso. Obrigada por ajudar-me a tornar uma melhor geóloga.

Agradeço, também, a todas as pessoas que contribuíram de alguma forma para a realização deste relatório, como a minha co-orientadora Daniela Lobarinhas por me ter acolhido na EDM e ajudado sempre que necessitei, o Doutor Pedro Rodrigues por toda a ajuda na obtenção dos dados de química mineral, a Doutora Cynthia Mourão pelo acompanhamento na produção das lâminas delgadas. Não podia deixar de agradecer ao professor António Mateus, professor Mário Abel, professora Isabel Costa e professor Jorge Figueiras por toda a aprendizagem e acompanhamento durante o mestrado.

Obrigada aos meus amigos e colegas de mestrado, Maria, Tasga, Soares, Franca, Barata e Jardas, que me acompanharam diariamente, proporcionando momentos alegres e descontraídos e que ajudaram a ultrapassar muitos dos obstáculos, que às vezes pareciam não ter fim. Obrigada também aos restantes colegas durante todo o mestrado. Obrigada a todos os meus amigos por tornarem a minha vida mais divertida.

Um especial agradecimento ao Rui Santos por ter sido o meu maior apoio ao longo desta etapa e por me acompanhar sempre.

Agradeço à minha família, em especial à minha mãe, aos meus irmãos e à minha tia Joana (“segunda mãe”), por serem desde sempre as pessoas mais importantes da minha vida e por terem ajudado a tornar tudo isto possível.

Resumo

As mineralizações de W-Sn-(Au) do jazigo de Vale Pião encontram-se hospedadas e distribuídas, em várias estruturas epigenéticas ou mesmo disseminadas nos metassedimentos que integram a região de Góis. Os metassedimentos correspondem a alternâncias de xistos (compostos por intercalações de níveis pelíticos e psamíticos) e grauvaques, pertencentes ao Grupo das Beiras do Complexo Xisto-Grauváquico que se insere na Zona Centro Ibérica. Presume-se que estas mineralizações estejam espacialmente associadas a uma cúpula granítica subaflorante, com base em dados geoquímicos e geofísicos apresentados em estudos prévios e na análise mineralógica e geoquímica realizada no presente relatório.

Com o intuito de compreender os processos geológicos que concorreram para a génese e evolução do jazigo de Vale Pião foram amostradas três sondagens (S1, S8 e S11) efectuadas, na década de 80, pelo Serviço de Fomento Mineiro. A amostragem foi direccionada para os intervalos de sondagem com maiores teores de W, Sn e Au, e com evidências de fenómenos de alteração hidrotermal. A caracterização detalhada das mineralizações e dos principais tipos de alteração hidrotermal associados, foi conduzida fundamentalmente com o objetivo de identificar potenciais vectores e/ou guias geoquímicos e mineralógicos úteis à prospecção mineral.

Os dados de natureza petrográfica, mineralógica e geoquímica, combinados com dados coligidos da literatura, permitiram estabelecer três estádios principais de deposição, associados aos metassedimentos e aos veios: i) estágio precoce composto pelos silicatos principais, tungstatos (volframite e scheelite), óxidos (cassiterite, rútilo, ilmenite), apatite e arsenopirite; ii) estágio sulfuretado, sendo a arsenopirite, pirite, pirrotite, esfalerite e calcopirite os sulfuretos principais; iii) estágio tardio composto por electrum e carbonatos. A recorrência de episódios ao longo de cada estágio é comum, evidenciando o carácter polifásico do sistema de Vale Pião. Neste trabalho, a volframite apenas foi identificada nos metassedimentos com alteração filítica; o electrum, embora raramente, foi identificado no xisto negro com sulfidização; a scheelite (predominante em relação à volframite) e a cassiterite foram reconhecidas tanto em veios como em metassedimentos com alteração hidrotermal. As estruturas epigenéticas que contêm mineralização em W-Sn são as mais tardias e mais complexas composicionalmente, revelando a focalização e circulação de fluidos em zonas preferenciais.

Os tipos de alteração hidrotermal identificados nos metassedimentos e veios possibilitaram constatar o seguinte: i) nos níveis pelíticos do xisto predomina a turmalinização acompanhada por biotitização (alteração potássica) e, ainda, a cloritização (alteração propilítica), e a mineralização associada a cada tipo de alteração corresponde a scheelite \pm cassiterite e cassiterite \pm scheelite, respectivamente; ii) nos níveis psamíticos prevalece a alteração filítica (silicificação, sericitização e piritização) e a mineralização associada é representada por volframite + cassiterite \pm scheelite; iii) nos níveis de xisto negro a alteração é marcada por sulfidização intensa e a mineralização associada é de Au/Ag. A turmalinização e biotitização foram definidas como tipos de alteração proximais e de mais alta T, enquanto a cloritização, silicificação, sericitização e piritização como tipos de alteração hidrotermal de mais baixa T e distais relativamente à fonte, indicando a diminuição da temperatura ao longo da evolução do sistema.

As interações fluido/rocha, com contribuições de elementos transportados pelo fluido mineralizante de origem magmático-hidrotermal (tais como B, F, Cl, P, Sn, W, Zn, Mn, Na, Mo, Nb, Ta, As, Co, Ni, Ce, Au?) e de elementos disponíveis por parte dos metassedimentos hospedeiros da mineralização (tais como Ca, Mg, Fe, K, Ti, Al, Sb), concorreram para a formação das mineralizações de W-Sn do jazigo de Vale Pião e dos diferentes estilos de alteração hidrotermal associados. Os elementos F, Cl, B e P afiguram-se como os principais

agentes responsáveis pelo transporte e concentração dos metais que compõem o jazigo de Vale Pião. Foram ainda reconhecidas as seguintes associações: conteúdos elevados, associados ao evento de mineralização, de W-Sn no rútilos, Fe-F nas turmalinas e As-Co-Ni nas arsenopirites; as fraturas das arsenopirites são as principais armadilhas estruturais para a deposição de electrum; conteúdos superiores de Fe nas apatites associadas às fases sulfuretadas; decréscimo da razão Cd/Mn na esfalerite e Ca/Mn na apatite, incremento da razão Ta/Nb na cassiterite e no rútilo e dos conteúdos de (Zn+Mn) na ilmenite, à medida que aumenta a distância à fonte dos fluidos hidrotermais associados à mineralização de W-Sn. Tais associações poderão constituir bons vectores ou indicadores de mineralizações de W-Sn e Au, em sistemas análogos, na Zona Centro Ibérica.

O sistema de Vale Pião é caracterizado por sucessivos pulsos de fluido de origem essencialmente magmático-hidrotermal e, consequentemente, por diversos episódios de deposição mineral, num ambiente reduzido e ácido, denunciando assim uma complexidade e sobreposição de eventos mineralizantes no decorrer do tempo. A mineralização de Au/Ag será proveniente da interseção das faixas metalíferas de Góis-Segura (W-Sn) e de Vieiro-Fonte Limpa (Au/Ag) que, possivelmente, contribuiu para o enriquecimento metalífero do sistema de Vale Pião.

Palavras-Chave: Mineralização de W-Sn-(Au); Vale Pião; magmático-hidrotermal; alteração hidrotermal; polifásico.

Abstract

The W-Sn-(Au) mineralizations from the Vale Pião deposit are hosted and distributed in various epigenetic structures or disseminated in metasediments from the Góis region. The metasediments correspond to alternations of shales (composed of pelitic and psammitic intercalated layers) and greywackes, belonging to the Grupo da Beiras of the Schist-Greywacke Complex that is inserted in the Central Iberian Zone. It is assumed that these mineralizations are spatially associated to a local non-outcropped granitic intrusion, based on geochemical and geophysical data presented in previous studies and in the mineralogical and geochemical analysis carried out in this report.

In order to understand the geological processes that contributed to the genesis and evolution of the Vale Pião deposit, three drill holes, done by the Serviço de Fomento Mineiro in the 1980s, were sampled (S1, S8 e S11). Sampling was directed to the drilling intervals with the highest W, Sn and Au grades, and with evidences of hydrothermal alteration. The detailed characterization of both mineralization and types of associated alteration was carried out primarily with the aim of identifying potential geochemical and mineralogical vectors and/or useful guides for mineral exploration.

Petrographic, mineralogical and geochemical data, combined with data collected from the literature, allowed to establish three main deposition stages, associated to metasediments and veins: i) early stage composed by main silicates, tungstates (wolframite and scheelite), oxides (cassiterite, rutile, ilmenite), apatite, and arsenopyrite; ii) sulphide stage, with arsenopyrite, pyrite, pyrrhotite, sphalerite, and chalcopyrite being the main sulphides; iii) late stage, composed of electrum and carbonates. The recurrence of episodes throughout each stage is common, highlighting the polyphasic character of the Vale Pião system. In this work, wolframite was only identified in metasediments with phyllic alteration; electrum, although rarely, was identified in black shale with sulphidation; scheelite (predominant in relation to wolframite) and cassiterite were recognized in both veins and metasediments with hydrothermal alteration. The epigenetic structures that contain W-Sn mineralization are the latest and most complex compositionally, revealing fluid circulation and focusing along preferential zones.

The types of hydrothermal alteration identified in the metasediments and veins allowed to verify the following: i) tourmalinization and biotitization (potassic alteration), and chloritization (propylitic alteration) predominates in the shale pelitic layers, with associated mineralization corresponding to scheelite \pm cassiterite and cassiterite \pm scheelite, respectively; ii) in the psammitic layers phyllic alteration (silicification, sericitization and pyritization) prevails and the associated mineralization is represented by wolframite + cassiterite \pm scheelite; iii) in the black shales the alteration is marked by intense sulphidation with associated Au/Ag mineralization. Tourmalinization and biotitization were defined as proximal and higher T alteration types, while chloritization, silicification, sericitization and pyritization as lower T distal alteration types relative to the source, indicating a decrease in temperature over the evolution of the system.

The fluid/rock interactions, with element contributions from magmatic-hydrothermal derived mineralizing fluids (such as B, F, Cl, P, Sn, W, Zn, Mn, Na, Mo, Nb, Ta, As, Co, Ni, Ce, Au?) and available elements from the mineralization host metasediments (such as Ca, Mg, Fe, K, Ti, Al, Sb), contributed to the formation of the W-Sn mineralization in the Vale Pião deposit and multiple associated hydrothermal alteration types. The elements F, Cl, B, and P appear to be the main agents responsible for the transport and concentration of the metals that form the Vale Pião deposit. The following associations were also recognized: inverse zonality regarding the cassiterite abundance relative to the distance of the possible hydrothermal source;

high contents, associated with the W-Sn mineralization event, of W-Sn in rutile, Fe-F in tourmaline and As-Co-Ni in arsenopyrite; arsenopyrite fractures are the main structural traps for electrum deposition; high contents of Fe in the apatite associated to the sulphur phases; Cd/Mn decrease in sphalerite, Ca/Mn decrease in apatite, Ta/Nb increase in cassiterite and rutiles and increase in the Zn+Mn contents of ilmenite, as the distance to the source of the hydrothermal fluids associated with the W-Sn mineralization increases. Such associations may constitute good vectors or indicators of W-Sn and Au/Ag mineralizations, in similar systems, in the Central Iberian Zone.

Key-Words: W-Sn-(Au) mineralization; Vale Pião; magmatic-hydrothermal; hydrothermal alteration; polyphasic.

Índice

Agradecimentos.....	I
Resumo.....	III
Abstract	V
Índice de Figuras	XI
Índice de Tabelas.....	XIX
Lista de Abreviaturas	XXI
I. Introdução.....	1
II. Enquadramento Geológico	2
II.1 Geologia Regional.....	2
II.2 Geologia Local	4
II.2.1 Formação Caneiro	5
II.2.2 Formação Boque-Serpins	5
II.2.3 Formação Colmeal	5
II.2.4 Metamorfismo	5
II.2.5 Falhas Principais	6
II.3 Mineralizações de W, Sn e Au	6
III. A Mina de Vale Pião	9
III.1 Mineralização da Mina de Vale Pião	9
IV. Metodologias	12
IV.1 Amostragem	12
IV.2 Procedimento Laboratorial	13
IV.3 Caracterização Petrográfica.....	13
IV.4 Química Mineral	14
V. Síntese Petrográfica	14
V.1 Rochas encaixantes com mineralização em Au/Ag	15
V.1.1 Xistos negros.....	15
V.2 Rochas encaixantes com mineralização em W-Sn	18
V.2.1 Encaixante com turmalinização.....	18
V.2.2 Encaixante com cloritização.....	20
V.2.3 Encaixante com silicificação	22
V.3 Veios	23
V.3.1 Veios sem mineralização.....	23
V.3.2 Veios com mineralização	25
VI. Química Mineral.....	27

VI.1	Minerais portadores de W-Sn.....	27
VI.1.1	Scheelite	27
VI.1.2	Volframite	28
VI.1.3	Cassiterite	31
VI.2	Óxidos	33
VI.2.1	Rútilo	33
VI.2.2	Ilmenite.....	37
VI.3	Electrum	38
VI.4	Sulfuretos	39
VI.4.1	Arsenopirite.....	39
VI.4.2	Pirite	43
VI.4.3	Pirrotite.....	45
VI.4.4	Galena	45
VI.4.5	Esfalerite.....	46
VI.4.6	Greenockite	47
VI.5	Silicatos	48
VI.5.1	Moscovite	48
VI.5.2	Biotite	50
VI.5.3	Grupo da Clorite.....	52
VI.5.4	Turmalina	54
VI.5.5	Grupo da Granada	57
VI.6	Apatite	59
VI.7	Outros minerais	61
VII.	Discussão.....	62
VIII.	Conclusão.....	78
IX.	Referências Bibliográficas.....	81

Índice de Anexos (formato PDF)

1.	ANEXO 1- Petrografia.....	1
1.1	Sondagem S1.....	1
1.2	Sondagem S8.....	20
1.3	Sondagem S11.....	30
1.4	Resumo da Sondagem S1.....	39
1.5	Resumo da Sondagem S8.....	40
1.6	Resumo da Sondagem S11.....	40
1.7	Log Sondagem S1 (EDM).....	41
1.8	Log Sondagem S8 (EDM).....	42
1.9	Log Sondagem S11 (EDM).....	43
2.	ANEXO 2 - Química Mineral	44
2.1.	Condições analíticas.....	44
2.2.	Limites de detecção.....	46
2.3.	Tabelas Química Mineral	47
2.3.1.	Scheelite	48
2.3.2.	Volframite	49
2.3.3.	Cassiterite.....	51
2.3.4.	Rútilos	55
2.3.5.	Ilmenite	61
2.3.6.	Electrum.....	62
2.3.7.	Arsenopirite.....	63
2.3.8.	Pirite.....	70
2.3.9.	Pirrotite.....	76
2.3.10.	Galena	77
2.3.11.	Esfalerite	78
2.3.12.	Grennokit.....	80
2.3.13.	Moscovite.....	81
2.3.14.	Biotite.....	86
2.3.15.	Clorite	92
2.3.16.	Turmalina	94
2.3.17.	Granada	97
2.3.18.	Apatite.....	99
2.3.19.	Titanite	101
2.3.20.	Estanite.....	102

2.4. Estadística Descriptiva	103
------------------------------------	-----

Índice de Figuras

- Figura II.1– Esquema geológico das diferentes unidades que compõem o Maciço Hespérico (adaptado de Pérez-Estaún et al., 2004). 2
- Figura II.2– A) Enquadramento geológico regional (adaptado de Sequeira et al., 1997; Carta Geológica de Portugal 1/500000, 1992). Legenda: 1- Granitóides pré-Variscos; 2- Granitóides Variscos pós-tectónicos; 3- Falhas; 4- Complexo Cristalofílico (Pré-Câmbrico superior); 5- Grupo das Beiras (Precâmbrico superior); 6- Rochas Paleozóicas; 7- Rochas Triássicas e Jurássicas; 8- Sedimentos Cretácicos; 9- Sedimentos Terciários (arcoses); 10- Falha provável; 11- Cavalgamento; 12- Falha de desligamento; B) Enquadramento geológico regional inserido na carta radiométrica 1:500000 do LNEG. 4
- Figura II.3- Mapa geológico com a representação das litologias, estruturas mais relevantes e principais ocorrências minerais de W-Sn da região de Góis. Legenda: 1- Material continental indiferenciado Meso-Cenozóico; 2- Formação Caneiro; 3- Xistos Mosqueados; 4- Formação Boque-Serpins; 5- Área Urbana; 6- Falha observada; 7- Falha provável; 8- Charneira dos anticlinais D1; 9- Principais ocorrências de Sn + W que constituíram o antigo Couto Mineiro de Góis; 10- Sulfidização; 11- Turmalinização; 12- Silicificação; 13- Fraturas foto-interpretadas. .. 6
- Figura II.4- Esquema ilustrativo do contexto de formação dos diferentes tipos de mineralizações (retirado de Noronha et al., 2013). 7
- Figura II.5- Esquema representativo da área de pesquisa e prospecção de Escádia Grande pertencente à EDM, e das diferentes faixas metalíferas presentes entre Góis-Castanheira de Pêra (modificado depois de Manuel, 2015 em Martins, 2017). Os dados referentes às faixas e ocorrências foram retiradas da SIORMINP (Sistema de Informação de Ocorrências e Recursos Minerais Portugueses). 8
- Figura III.1– Mapa do Couto Mineiro de Góis, com as concessões representadas: 1- Vale da Asna; 2- Vale Salgueiro; 3- Ribeiro; 4- Ribeira de Piães; 5- Sandinha; 6- Ribeiro nº1; 7- Almas do Liboreiro; 8- Alto do Rabadão; 9- Rabadão nº2; 10- Rabadão nº1; 11- Fragas de Estanho; 12- Cabreira; 13- Vale da Ursa; 14- Lombo do Gordo; 15- Barroca de Amiais; 16- Vale Pião; 17- Amiais. 10
- Figura III.2- Localização das sondagens amostradas (S1, S8 e S11- círculo preto) e das restantes sondagens da mina de Vale Pião. 10
- Figura V.1- **A-** Xisto negro, com porfiroblastos euédricos de pirite que foram digeridos por óxidos de ferro nos bordos e no núcleo (no grão maior) e a serem pseudomorfizados para pirrotite (evidenciado pelas linhas brancas a tracejado); **B-** Xisto negro intersectado por um veio composto por quartzo leitoso, pirite/calcopirite, scheelite e áreas bastante oxidadas; **C-** Xisto negro intersectado por um veio constituído por quartzo, pirite/ pirrotite e scheelite; **D-** Intercalação de níveis pelíticos enriquecidos em matéria orgânica e níveis psamíticos, e sulfuretos oxidados disseminados. Correspondência das amostras: **A** (S1.37.70); **B** (S1.36.80); **C** (S1.65.20); **D** (S1.74.60). 16
- Figura V.2- **A-** Pirite e rútilo disseminados no encaixante, luz refletida simplesmente polarizada (LRSP); **B-** Pirite, no encaixante, com alteração visível nos bordos e calcopirite associada, LRSP; **C-** Encaixante xisto negro, com múltiplos rejeitos (representados a tracejado) e falhas subsidiárias (representados a ponteadado) à escala microscópica, foliação (S1) e clivagem de crenulação (S2) marcada por grafite, luz transmitida simplesmente polarizada (LTSP); **D-** Pirite zonada, a preencher um veio, com texturas de exsolução nos bordos que estão a ser

pseudomorfizados para marcassite, LRSP; **E**- Diversos grãos de electrum disseminados no encaixante, pirite relativamente porosa, LRSP; **F**- Associação de pirite, cristais de secções losânicas e tabulares de arsenopirite e calcopirite com covelite nos bordos, LRSP; Correspondência das amostras: **A, B, D** (S1.36.80); **C** (S1.74.60); **E, F** (S1.37.70). 17

Figura V.3- Amostras correspondentes a xistos com turmalinização; **A**- Veio tardio (marcado a tracejado) de quartzo leitoso a intersectar a rocha encaixante e arsenopirite e pirite a delimitar o contacto veio-encaixante; **B**- Contacto delimitado por salbanda micácea entre xisto turmalinizado e veio de quartzo; **C**- Veio tardio de quartzo e feldspato com sulfuretos disseminados a intersectar a rocha encaixante. Correspondência das amostras: **A** (S1.77.10); **B** (S11.71.52); **C** (S1.77.24). 18

Figura V.4- **A**- Frente de turmalinização num nível pelítico rico em matéria orgânica, onde se observam diversos cristais tabulares de turmalinas e um alinhamento de turmalinas a serem substituídas por carbonatos, luz transmitida duplamente polarizada (LTDP); **B**- Diversos cristais de turmalina, no encaixante turmalinizado, que se encontram zonados dos núcleos para os bordos, LTDP; **C**- Contacto entre veio de quartzo mineralizado e encaixante turmalinizado, marcado por uma salbanda de cristais de turmalina zonados de grandes dimensões e filossilicatos, LTDP; **D**- Turmalinização intensa representada por secções basais e tabulares de cristais de turmalina, LTDP; **E**- Contacto entre encaixante turmalinizado e veio de quartzo, delimitado por uma salbanda micácea constituída por grãos de grandes dimensões, LTDP; **F**- Rútilo posterior disseminado no encaixante associado à turmalinização, LRSP; **G**- Turmalinização acompanhada por arsenopiritização, LRSP; **H**- Turmalinização afectada pela deformação evidenciada pelos veios de quartzo, LTSP; Correspondência das amostras: **A, B, C, G** (S1.76.75); **D, F** (S1.76.95); **H** (S1.77.10); **E** (S11.71.52). 19

Figura V.5- Amostras correspondentes ao intervalo de cloritização e enxame de granadas e cassiterites. Correspondência das amostras: **A** (S8.34.80); **B** (S8.38.80). 20

Figura V.6- **A/B**- Aglomerado de clorites de anisotropia azul, LTSP/LTDP; **C/D**- Associação de clorite (anisotropia esverdeada), pirite e quartzo, LTSP/LTDP; **E/F**- Biotites cloritizadas no veio de quartzo, LTSP/LTDP; Correspondência das amostras: **A, B** (S8.38.80); **C, D** (S8.44.15); **E, F** (S8.66.97). 21

Figura V.7- **A**- Granada de 1ª geração (grão de baixo), acastanhada com zonamentos de diferentes fases de crescimento visíveis e granada de 2ª geração (grão de cima), euédrica, hexagonal e incolor, LTSP; **B**- Associação de cassiterite de grandes dimensões, pirite e granada hexagonal, LRSP; **C**- Associação de granada e mistura entre clorite e quartzo, LTDP; **D**- Cassiterite de grandes dimensões intercrescida com granada nos bordos, filossilicatos e pirite, LTSP; **E**- Biotites cloritizadas, cassiterites disseminadas e inclusas na granada, pirite e quartzo, LTSP; **F**- Associação de granadas e esfalerite com covelite nos bordos, LRSP; Correspondência das amostras: **A, C** (S8.38.80); **B** (S8.34.80); **D, E, F** (S8.35.75). 21

Figura V.8- Amostras correspondentes ao intervalo de silicificação. Correspondência das amostras: **A** (S1.23.38); **B** (S1.23.90); **C** (S11.22.00). 22

Figura V.9- **A**- Volframite anédrica e porosa disseminada no encaixante silicificado, LRSP; **B**- Cassiterites anédricas disseminadas na rocha encaixante composta por quartzo e filossilicatos, LTSP; **C**- Intercrescimento entre volframite e cassiterite, LRSP; **D**- Volframite anédrica e óxidos de ferro disseminados na rocha encaixante silicificada, LRSP; Correspondência das amostras: **A** (S1.23.90); **B** (S1.25.00); **C, D** (S11.22.00). 23

Figura V.10- **A-** Veios de quartzo de diferentes gerações a intersectarem-se, instalados na rocha encaixante turmalinizada, LTDP; **B-** Veio de quartzo com três gerações distintas, resultado da abertura polifásica do veio e recristalização do quartzo presente no veio, LTDP; **C-** Contacto entre veio de quartzo e a rocha encaixante silicificada, LTDP; **D-** Veio de filossilicatos (moscovite, biotite, clorite) instalado na rocha encaixante turmalinizada, LTDP; **E-** Veio constituído, no mínimo, por duas gerações de quartzo que resultaram da abertura polifásica do veio, instalado na rocha encaixante cloritizada, LTDP; **F-** Contacto rectilíneo entre veio de quartzo e a rocha encaixante turmalinizada, LTDP; Correspondência das amostras: **A** (S1.76.75); **B** (S1.76.95); **C** (S1.23.38); **D** (S1.82.39); **E** (S8.44.15); **F** (S11.66.97)..... 24

Figura V.11- **A/B-** Xisto negro intersectado por um veio de scheelite e pirite; **C/D-** Xisto negro intersectado por um veio de quartzo leitoso, sulfuretos e dois grãos de scheelite; **E/F-** Filão de quartzo, turmalina, pirite, moscovite e apatite (mineral com fluorescência laranja na figura **F**); **G/H-** Rocha encaixante turmalinizada intersectada por um veio de scheelite; Correspondência das amostras: **A, B** (S1.36.80); **C, D** (S1.65.20); **E, F** (S1.76.70); **G, H** (S1.81.60). As figuras B, D, F e H foram capturadas sob efeito de luz ultravioleta, sendo que a scheelite revela fluorescência azul e a apatite fluorescência laranja..... 26

Figura V.12 - **A-** Veio composto pela associação de pirite, marcassite, arsenopirite e pirrotite instalado na rocha encaixante turmalinizada, LRSP; **B-** Veio constituído por galena, pirite e arsenopirite, LRSP; **C-** Veio de quartzo, óxidos de ferro e sulfuretos (pirrotite, calcopirite e esfalerite) a intersectar a rocha encaixante turmalinizada, LRSP; **D-** Veio preenchido por quartzo, pirite a ser parcialmente substituída por marcassite e com inclusões de arsenopirite e cristais subédricos de arsenopirite, LRSP; Correspondência das amostras: **A, B** (S1.76.55); **C** (S1.76.95); **D** (S1.77.24)..... 26

Figura V.13- **A-** Veio tardio de carbonatos e pirrotite inserido na rocha encaixante turmalinizada, LTDP; **B-** Veio de quartzo, scheelite anédrica e raros filossilicatos inserido nos níveis de xisto negro, LRSP; **C-** Veio de quartzo e apatite anédrica com fraturas preenchidas por pirite, LTSP; **D-** Veio de quartzo e duas gerações de pirrotite, instalado na rocha encaixante turmalinizada, LRSP; **E-** Veio de quartzo, scheelite, turmalina e biotite, LTSP; **F-** Veio de quartzo, biotite e esfalerite instalado na rocha encaixante de xisto cloritizado, LTSP; **G-** Veio constituído por quartzo, rútilos anédricos, duas gerações de biotite (uma das gerações encontra-se cloritizada), LTSP; **H-** Veio de quartzo e rútilos de grandes dimensões, instalado nos níveis de xisto negro, LRSP; **I-** Veio de quartzo, scheelite e rútilo, instalado na rocha encaixante silicificada, LTSP; **J-** Veio de quartzo, biotite e scheelite, LTDP; **K-** Veio de quartzo e pirite fraturada, LRSP; **L-** Veio de quartzo e cassiterite instalado na rocha encaixante turmalinizada, LRSP; Correspondência das amostras: **A** (S1.82.39); **B** (S1.65.20); **C** (S1.76.70); **D** (S1.77.24); **E** (S1.81.60); **F** (S8.68.20); **G** (S8.68.80); **H** (S11.12.35); **I** (S11.46.85); **J, K** (S11.72.76); **L** (S11.66.97)..... 26

Figura VI.1- Distribuição das proporções atómicas (**A**) Ca vs. W, (**B**) Fe vs. Ca, (**C**) Nb vs. W, (**D**) Mo vs. W, do total de scheelites analisadas. As análises foram agrupadas de acordo com o contexto textural em: scheelites no bordo do veio de clorite e sulfuretos (Veio Cloritz. 1); scheelites no centro do veio de clorite e sulfuretos (Veio Cloritz. 2); scheelites no veio de turmalina e salbanda micácea (Veio Turm.). L.D. – Limite de deteção..... 28

Figura VI.2 **A-** Volframite intercrescida com cassiterite (lâmina S11.22.00); **B-** Volframite bastante fraturada e porosa (lâmina S1.23.90.L1); Imagens de electrões retrodifundidos..... 29

Figura VI.3- A) Distribuição das proporções atômicas (Fe+Mn vs. W), em a.p.f.u., do total de volframites analisadas; B), C) e D) Projecção das principais substituições que ocorrem na estrutura das volframites analisadas. Na figura (B) o gráfico pequeno (no extremo direito superior) representa os campos da componente hubnerítica e da componente ferberítica. As análises foram agrupadas de acordo com o contexto textural em: volframites que ocorrem isoladas e disseminadas (Wlf isolada); volframites associadas a cassiterites (Wlf intercrescida com Cst).	30
Figura VI.4- Distribuição da frequência absoluta das concentrações dos principais elementos traço do total de cassiterites analisadas: (A) Ti; (B) Fe; (C) Nb; (D) Ta; (E) W; (F) Zn; (n=19 - Encaix. Silicif.; n=42 - Veio Grn; n=33 - Encaix. Silicif. Wlf; total de análises=93). Os intervalos considerados são de 10 ppm para as dezenas, 100 ppm para as centenas, 1000 ppm para os milhares e 10000 ppm para as dezenas de milhares. Os valores de concentração marcados nos intervalos dos gráficos correspondem ao valor máximo de cada intervalo. As barras ocupam 1/3 da largura do intervalo que representam de modo a incluir no mesmo intervalo as análises das cassiterites presentes nos três contextos texturais diferentes.	32
Figura VI.5- Projecção das cassiterites analisadas num diagrama (Sn+Ti)-10(Nb+Ta)-10(Fe+Mn), em a.p.f.u. A linha a tracejado representa o vector de substituição (cassiterite – columbo-tantalite) possível para a incorporação de Ta e Nb. Cst- cassiterite; Cl-Tl – columbo-tantalite (Neiva, 2008).	33
Figura VI.6 A- Rútilo anédrico poroso (lâmina S1.76.75.L1); B- Rútilos prismáticos com inclusões (pontos brancos) de W e Sn (lâmina S11.22.00.L1); Imagens de electrões retrodifundidos.	34
Figura VI.7- Distribuição das proporções atômicas (Nb+Ta – Sn – W e Fe+Cr+V – Ti - Sn+W), em a.p.f.u., do total de rútilos analisados. As análises foram agrupadas segundo critérios texturais em: Encaixante Cloritizado; Encaixante Silicificado; Encaixante Turmalinizado; Encaixante Xisto Negro; Veio de Quartzo.	35
Figura VI.8- Distribuição das proporções atômicas (Ti vs. Fe+W), em a.p.f.u., do total de rútilos analisados. Critérios de abreviação de acordo com o estipulado na figura VI.7.	35
Figura VI.9- Rútilo com zonamentos composicionais (imagem de electrões retrodifundidos). A tabela (à direita) contém as respectivas análises de MSE com os principais elementos na forma de óxidos, em wt. %. As análises a negrito (1, 3 e 7) representam os rútilos tardios, enquanto as restantes análises dizem respeito aos rútilos precoces (2,4,5,6 e 8).	36
Figura VI.10 - Distribuição das proporções atômicas (Fe+Cr+V - Ti - Sn+W e Nb+Ta - Sn - W), em a.p.f.u., do total de rútilos zonados analisados, quer de veios de quartzo quer da rocha encaixante (xisto negro), referentes a uma LDP (S11.12.35.L2). As análises foram agrupadas segundo as gerações de rútilo reconhecidas em: rútilos tardios presentes no veio de quartzo (Rt tardio Veio); rútilos precoces presentes no veio de quartzo (Rt precoce Veio); rútilos tardios presentes no xisto negro (Rt tardio Encaix.); rútilos precoces presentes no xisto negro (Rt precoce Encaix.).	36
Figura VI.11- Imagem de electrões retrodifundidos de ilmenites aciculares associadas a rútilos anédricos (grão mais claro). Lâmina S8.68.80.	37
Figura VI.12- Distribuição das proporções atômicas (A) Fe vs. Ti e (B) Zn+Mn vs. Fe, em a.p.f.u., do total de ilmenites analisadas. As análises foram agrupadas segundo critérios texturais	

em: ilmenites presentes nas rochas encaixantes cloritizadas (Encaix. Cloritizado); ilmenites presentes nas rochas encaixantes turmalinizadas (Encaix. Turmalinizado).....	38
Figura VI.13- Imagens de electrões retrodifundidos (lâmina S1.37.70). A- Associação entre arsenopirites e electrum; B- Dois cristais de electrum inseridos numa microfratura de um cristal de arsenopirite zonada; C- Associação entre electrum e pirite com inclusões de arsenopirite. ...	38
Figura VI.14- Principais elementos (A) Au, (B) Ag, (C) Fe, (D) Bi, (E) Te, (F) Zn, presentes na composição química da totalidade de electrum analisado. Os valores encontram-se em percentagem atómica. O eixo XX corresponde às 12 análises que foram efectuadas a cristais de electrum. A linha vermelha a tracejado representa os valores medianos de cada elemento.	39
Figura VI.15- Imagens de electrões retrodifundidos. A- Arsenopirite zonada num veio de quartzo (S1.76.75); B- Arsenopirite zonada nos metassedimentos turmalinizados (S1.76.75). Os números de 1-12 correspondem às análises pontuais de MSE efectuadas nos dois cristais representados nesta figura e os resultados obtidos encontram-se na tabela VI.6.	40
Figura VI.16– Projecção do As vs. S (em percentagem atómica) da totalidade de arsenopirites analisadas e destaque para as componentes piríticas e loellingíticas da arsenopirite. As análises foram agrupadas segundo critérios texturais em: arsenopirites disseminadas nas rochas encaixantes turmalinizadas (Encaix. Turmalinizado); arsenopirites disseminadas nos xistos negros (Encaix. Xisto Negro); arsenopirites presentes no veio de apatite que intersecta as rochas encaixantes cloritizadas (Encaix. Cloritizado (Veio de Apatite)).....	41
Figura VI.17- A- Distribuição das proporções atómicas entre os elementos Co+Ni – Sb – Fe das arsenopirites analisadas. B- Distribuição das proporções atómicas entre os elementos Co+Ni – Fe – As das arsenopirites analisadas. Os valores encontram-se em a.p.f.u. Critérios de abreviação de acordo com o estipulado na figura VI.16.	41
Figura VI.18- Relação entre As vs. S (em percentagem atómica) das diferentes gerações de arsenopirite analisadas. As análises foram agrupadas segundo as diferentes gerações reconhecidas em: arsenopirite de 1ª geração (Apy I); arsenopirite de 2ª geração (Apy II); arsenopirite de 3ª geração (Apy III).	42
Figura VI.19- A- Distribuição das proporções atómicas entre os elementos Co+Ni – Sb – Fe das arsenopirites analisadas; B- Distribuição das proporções atómicas entre os elementos Co+Ni – Fe – As das arsenopirites analisadas. Os valores encontram-se em a.p.f.u. Critérios de abreviação de acordo com o estipulado na figura VI.18.	42
Figura VI.20- Distribuição das proporções atómicas (S vs. Fe), em a.p.f.u., do total de pirites analisadas. As análises foram agrupadas segundo critérios texturais em: pirites no veio de apatite (Veio Apatite), n = 3; pirites no veio de scheelite (Veio Sch), n = 11; pirites no veio de granada e cassiterite (Veio Grt/Cst), n = 17; pirites no encaixante turmalinizado (Encaix. Turm.), n = 35; pirites no encaixante cloritizado (Encaix. Clort.), n = 6; pirites no encaixante xisto negro com electrum (Encaix. XN Elt), n = 54; pirites no encaixante silicificado com cassiterite (Encaix. Silic. Cst), n = 15.	43
Figura VI.21- Distribuição da frequência absoluta das concentrações dos principais elementos traço do total de pirites analisadas: (A) As; (B) Ni; (C) W; (D) Pb; (E) Co; (F) Mo; (n = 127 - Encaixante; n = 14 - Veio; total de análises = 141). Os intervalos considerados são de 10 ppm para as dezenas, 100 ppm para as centenas, 1000 ppm para os milhares e 10000 ppm para as dezenas de milhares. Os valores de concentração marcados nos intervalos dos gráficos correspondem ao valor máximo de cada intervalo. As barras ocupam metade da largura do	

intervalo que representam de modo a incluir no mesmo intervalo as análises das pirites presentes nos veios e rochas encaixantes. As análises foram agrupadas em apenas dois grupos principais (veios e rochas encaixantes).	44
Figura VI.22- Imagens de electrões retrodifundidos. A- Cristal com duas gerações de pirite: a primeira geração (Py I) é caracterizada por zonamentos composicionais e a segunda geração (Py II) é caracterizada por elevada porosidade; B- Cristal de pirite de segunda geração (Py II) em associação com diversos cristais de arsenopirite (Apy).	44
Figura VI.23- Imagens de electrões retrodifundidos. A- Bordos do cristal de pirite a sofrerem digestão por parte da galena; B- Diversos cristais de galena inclusos na pirite.	45
Figura VI.24- Imagens de electrões retrodifundidos. A- Associação entre pirite e esfalerite com estanita nos bordos (lâmina S8.44.15); B- Um grão de esfalerite porosa (lâmina S11.70.40)....	46
Figura VI.25- Distribuição das proporções atómicas (A) S vs. Zn+Fe, (B) Fe vs. Zn, (C) Cd vs. Zn, (D) Mn vs. Zn, do total de esfalerites analisadas. As análises foram agrupadas segundo critérios texturais em: esfalerite no veio de quartzo e sulfuretos (Veio Qz/Sulf); esfalerit no veio de granada e cassiterite (Veio Grt/Cst); esfalerit no veio de apatite (Veio Apatite.); esfalerit com estanita nos bordos, disseminada no veio de quartzo e sulfuretos (Veio Qz/Sulf (Sp c/ Stn)); esfalerite com covelite nos bordos, disseminada no veio de granada e cassiterite (Veio Grt/Cst (Sp c/ Cv)); esfalerit disseminada nas rochas encaixantes turmalinizadas (Encaix. Turm.); esfalerit inclusa na arsenopirite, disseminada nas rochas encaixantes turmalinizadas (Encaix. Turm. (Sp na Apy)).	47
Figura VI.26 Imagens de electrões retrodifundidos de sulfuretos de cádmio a preencher microfraturas nos cristais de esfalerite.	48
Figura VI.27– A- Relação entre Al da posição tetraédrica (Al iv) vs. Al da posição octaédrica (Al vi) das micas presentes nas diversas estruturas. B- Relação entre Si (iv) vs. Fe + Mg (vi) das micas presentes nas diversas estruturas (Mateus, 1996). As abreviaturas das fases minerais estão de acordo com Whitney e Evans (2010). Os extremos composicionais foram definidos com base nas suas composições ideais: moscovite (Ms) - $\text{KAl}_2(\text{Si}_3\text{Al})\text{O}_{10}(\text{OH},\text{F})_2$; fengite (Ph) - $\text{K}(\text{Al}_{1.5}\text{R}^{2+}_{0.5})(\text{Si}_{3.5}\text{Al}_{0.5})\text{O}_{10}(\text{OH},\text{F})_2$; leucofilite (Lc) – $\text{K}(\text{MgAl})\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH},\text{F})_2$; ferrifengite (FPh) - $\text{K}(\text{Mg}_{0.5}\text{Fe}^{2+}_{0.5})\text{AlFe}^{3+}(\text{Si}_{3.5}\text{Al}_{0.5})\text{O}_{10}(\text{OH},\text{F})_2$; ferrimoscovite (FMs) - $\text{K}(\text{Al}_{1.5}\text{Fe}^{3+}_{0.5})(\text{Si}_3\text{Al})\text{O}_{10}(\text{OH},\text{F})_2$. As análises foram agrupadas segundo critérios texturais em: moscovites nos xistos negros (Encaix. XN); moscovites nas rochas cloritizadas (Encaix. Clort.); moscovites nas rochas turmalinizadas (Encaix. Turm.); moscovites nas rochas silicificadas (Encaix. Silic.); moscovites no veio de apatite (Veio Apatite); moscovites no veio de granada e cassiterite (Veio Grt/Cst).	49
Figura VI.28- Distribuição das proporções atómicas (A) Al(vi) vs. Fe+Mg+Mn+Cr+Ti e (B) F vs Al(vi), em a.p.f.u., do total de moscovites analisadas. Critérios de abreviação de acordo com o estipulado na figura VI.27.	50
Figura VI.29- Distribuição das biotites analisadas com base no diagrama Al (vi) vs. Mg/(Mg+Fe) (adaptado de Guidotti, 1984). Os extremos composicionais foram definidos com base nas suas composições ideais: Siderofilite – $\text{KFe}_2\text{Al}(\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_{10})(\text{OH})_2$; “Eastonite” – $\text{KMg}_2\text{Al}(\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_{10})(\text{OH})_2$; Anite – $\text{KFe}_3(\text{AlSi}_3\text{O}_{10})(\text{OH})_2$; Flogopite – $\text{KMg}_3(\text{AlSi}_3\text{O}_{10})(\text{OH})_2$ (Deer et al., 1992). O mineral $\text{KMg}_2\text{Al}(\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_{10})(\text{OH})_2$, foi em tempos designado por “eastonite” porém, actualmente, esse nome foi abandonado. Apenas está referido como “eastonite” para melhor compreensão. As análises foram agrupadas segundo critérios texturais	

em: biotites no veio de scheelite (Veio Sch.); biotites no veio de apatite (Veio Ap); biotites no veio de granada e cassiterite (Veio Grt/Cst); biotites nas rochas xistos negros (Encaix. XN); biotites nas rochas silicificadas (Encaix. Silic.); biotites nas rochas turmalinizadas (Encaix. Turm.).....	51
Figura VI.30- Projecção dos conteúdos catiónicos (por unidade de fórmula) das micas analisadas segundo a relação Al_{total} vs. $Fe^{2+} + Mg + Mn + Ti + (Si-3)$, denunciando os desvios da composição ideal das micas trioctaédricas (adaptado de Brown, 1968 e Tracy, 1978 em Guidotti, 1984). Critérios de abreviação de acordo com o estipulado na figura VI.29.....	51
Figura VI.31- Distribuição das proporções atómicas (A) Al (iv) vs. F e (B) $Mg/(Mg+Fe)$ vs. F, em a.p.f.u., do total de biotites analisadas. Critérios de abreviação de acordo com o estipulado na figura VI.29.	52
Figura VI.32- Diagrama de classificação com base nos dois principais tipos de troca iónica: Si vs. Fe^{2+}/R^{2+} (Foster, 1962). As análises foram agrupadas segundo critérios texturais em: clorites disseminadas nas rochas encaixantes xistos negros (Encaix. XN); clorites presentes no veio de scheelite (Veio Scheelite); clorites presentes no veio de apatite (Veio Apatite).....	53
Figura VI.33- Distribuição das proporções atómicas Mg vs. Fe^{2+} (em a.p.f.u.) para a totalidade de clorites analisadas (Codeço, 2015). Os extremos composicionais foram definidos com base na sua composição: Chamosite (Chm), Clinoclóro (Clc), Ferro-amesite (Fe-Ame), Magnesomesite (Mg-Ame). Critérios de abreviação de acordo com o estipulado na figura VI.32.	53
Figura VI.34- Distribuição das proporções atómicas (A) Total(vi) vs. $(Al + 2Ti + Cr)(vi)$ e (B) $Si(iv) - 2\square(vi)$ vs. $(Fe^{2+} + Mg)(vi)$, em a.p.f.u., para a totalidade de análises realizadas nos cristais de clorite. Critérios de abreviação de acordo com o estipulado na figura VI.32.	53
Figura VI.35- Projecção do total de catiões divalentes na posição octaédrica $R^{2+}(vi)$ vs. Si (iv) (adaptado de Wiewóra e Weiss, 1990) para a totalidade das análises efectuadas em clorites. Os extremos composicionais foram definidos com base nas composições ideais dos mesmos: amesite $[(Mg_4Al_2)(Al_2Si_2)O_{10}(OH)_8]$, clinoclóro-chamosite $[(Mg,Fe^{2+})_5Al](Si_3AlO_{10})OH_8]$, lizardite-minnesotaite $[Mg_6(Si_4O_{10})(OH)_8]$ e sudoite $[(Mg_2Al_3)(AlSi_3)O_{10}(OH)_4]$. Critérios de abreviação de acordo com o estipulado na figura VI.32.	54
Figura VI.36- Imagens de electrões retrodifundidos de turmalinas zonadas no encaixante turmalinizado, onde é possível observar no mínimo duas a três gerações distintas. Correspondência das amostras: A- S1.76.75; B- S1.76.95.	55
Figura VI.37- A- Diagrama binário para a determinação do subgrupo das turmalinas alcalinas, utilizando a razão $R^{2+}/(R^{2+}+2Li)$ vs. $X_{\square}/(X_{\square}+Na+K)$; B- Diagrama binário de classificação da espécie de turmalina com base na razão $Mg/(Mg+Fe)$ vs. $X_{\square}/(X_{\square}+Na+K)$; (Henry et al., 2011). As análises foram agrupadas em: sondagem S11; sondagem S1.	56
Figura VI.38- Distribuição das proporções atómicas de Ca vs. Fe_{total} , em a.p.f.u., da totalidade de turmalinas analisadas. Os círculos a tracejado distinguem as duas gerações (1ª- círculo preto; 2ª – círculo cinzento). As análises foram agrupadas segundo critérios texturais em: veio de biotite (Veio Bt.); veio de apatite (Veio Ap); encaixante xisto negro (E. XN); encaixante silicificado com mineralização em W-Sn (E. S (W-Sn)); bordos de turmalina presente no encaixante turmalinizado (E. T. (bordos)); núcleos de turmalina presente no encaixante turmalinizado (E. T. (núcleos)); núcleos herdados de turmalina do encaixante turmalinizado (E. T. (núcleos herd.)).....	56

Figura VI.39– Distribuição das proporções atômicas (A) Mg vs. F e (B) Ca vs. Fe _T do total de análises realizadas em núcleos e bordos de turmalinas correspondentes a uma amostra (S1.76.95.L2) de encaixante turmalinizado. Critérios de abreviação de acordo com o estipulado na figura VI.38.	56
Figura VI.40- A- Associação entre granada de 1ª (Grt I) e 2ª (Grt II) geração, LTSP; B- Ampliação da figura A, evidenciando a granada de 2ª geração com os pontos marcados de 1-6 correspondentes às análises de MSE efectuadas, LRSP; C- Cristal de granada zonado, imagem de electrões retrodifundidos; D- Ampliação da figura A, evidenciando a granada de 1ª geração com os pontos marcados de 7-9 correspondentes às análises de MSE efectuadas, LRSP. Todas as imagens correspondem à lâmina S8.35.75. As análises correspondentes aos pontos marcados nas imagens B e D encontram-se na tabela VI.8.	57
Figura VI.41- A- Projecção num diagrama ternário (Fe – Ca + Mn – Mg) das variações composicionais, em a.p.f.u., tendo por base apenas a composição da posição X. As análises foram agrupadas apenas num grupo por falta de critérios discriminatórios para dividir as análises em grupos distintos; B- Projecção num diagrama ternário que expressa a composição das granadas analisadas, em % de moles. Os extremos composicionais foram definidos segundo as suas composições: Piralspite (piropo + spessartina + almandina); Grossulária (Ca ₆ Al ₄ Si ₆ O ₂₄); Andradite (Ca ₆ Fe ³⁺ ₄ Si ₆ O ₂₄).	58
Figura VI.42- Distribuição da proporção atômica do Ca vs. P (em a.p.f.u.) tendo em conta a composição ideal da apatite, para a totalidade de apatites analisadas. As análises foram agrupadas de acordo com o contexto textural em: apatites nas rochas encaixantes turmalinizadas (Encaix. Turm); apatites nos xistos negros (Encaix. XN); apatites no veio composto por turmalina e sulfuretos (Veio Turm/Sulf); apatites no veio composto por clorite e sulfuretos (Veio Chl/Sulf).	60
Figura VI.43- A- Distribuição da proporção atômica do Ca vs. catiões divalentes (R ²⁺ - Ca), em a.p.f.u., em que R ²⁺ = Sr + Mn + Fe + Mg; B- Distribuição da proporção atômica do total de catiões divalentes (R ²⁺) vs. total de catiões trivalentes (R ³⁺), em a.p.f.u., em que R ³⁺ = Ce + Nd + La. Critérios de abreviação de acordo com o estipulado na figura VI.43.	61
Figura VI.44- Projecção dos dados num diagrama Sr-Fe-Mn, em a.p.f.u., da totalidade de apatites analisadas. Critérios de abreviação de acordo com o estipulado na figura VI.43.	61
Figura VII.1- Quadro paragenético que ilustra a sequência de deposição mineral característica dos metassedimentos e veios do sistema de Vale Pião.	67
Figura VII.2- Esquema representativo dos principais tipos de alteração, tipos de mineralização, fases minerais acessórias associadas, tipos de metassedimentos e razões elementares características de cada mineral, presentes nas 3 sondagens da mina de Vale Pião amostradas para este relatório, que poderão ser utilizados como vectores de prospecção mineral.	73
Figura VII.3 - Diagramas log fO ₂ -pH evidenciando os campos de estabilidade dos sulfuretos principais. Apenas estão representados dois dos diagramas efectuados, os quais apresentam condições semelhantes apenas variando o ΣS entre 10 ⁻² (A) e 10 ⁻³ (B). As linhas azuis a tracejado separam os campos de predominância das espécies aquosas de enxofre; as linhas vermelhas separam os campos de estabilidade dos minerais de Fe; as linhas pretas separam o campo de estabilidade das espécies arsenopirite-pirrotite+loellingite; as linhas verdes a tracejado separam o campo de estabilidade da volframite - scheelite - W (aq). Para calcular os campos de estabilidade de cada espécie representada utilizaram-se os dados termodinâmicos da	

base de dados do SUPCRT92 e as respectivas reações químicas basearam-se nos artigos de Wood et al., (1998) e Soloviev et al., (2017). 77

Índice de Tabelas

Tabela IV.1 - Principais informações das sondagens S1, S8 e S11 de Vale Pião.	12
Tabela IV.2- Lâminas efectuadas correspondentes a cada sondagem. A designação L1/L2/L3 diz respeito ao número de lâminas de cada amostra.	13
Tabela IV.3- Minerais analisados na microsonda electrónica que serão abordados no capítulo da química mineral (capítulo VI).	14
Tabela V.1- Principais veios mineralizados, não mineralizados e estilos de alteração hidrotermal impostos nas rochas encaixantes, identificados nas amostras estudadas. 1- Veios de quartzo com scheelite; 2- Veios de quartzo com sulfuretos; 3- Veios de quartzo com apatite; 4- Veios de quartzo com cassiterite; 5- Veios de quartzo; 6- Veios de quartzo com filossilicatos; 7- Veios de quartzo com clorite; 8- Veios de quartzo com turmalina; *Amostras que correspondem a mais do que uma categoria.....	15
Tabela VI.1- Análises representativas de scheelites analisadas em diversos veios mineralizados. Na tabela apenas se encontram os elementos mais relevantes para o estudo. Lâminas correspondentes: 1-4 - S8.44.15 (Veio Cloritizado); 5 e 6- S1.81.60 (Veio Turmalinizado).	28
Tabela VI.2- Análises representativas de volframites analisadas nas rochas encaixantes mineralizadas, estando apenas representados os elementos mais relevantes para o estudo. Lâminas correspondentes: 1-3 - S1.23.90.L2 (Volframite isolada); 4-6 - S11.22.00 (Volframite intercrescida com cassiterite).	30
Tabela VI.3- Análises representativas de cassiterites analisadas nos veios e metassedimentos mineralizados, estando apenas representados os elementos mais relevantes para o estudo. Lâminas correspondentes: 1, 2- S1.25.00; 3, 4- S8.34.80; 5, 6- S11.22.00.	31
Tabela VI.4- Análises representativas de rútilos analisados nos diferentes metassedimentos mineralizados, estando apenas representados os elementos mais relevantes para o estudo. Lâminas correspondentes: 1, 2- S11.12.35 (Xisto Negro); 3, 4 - S1.81.60, S1.76.75 (Xisto Turmalinizado); 5, 6- S11.22.00 (Xisto Silicificado); 7, 8- S8.68.80, S8.44.15 (Xisto Cloritizado).	34
Tabela VI.5- Amplitude composicional (média, desvio padrão, mediana, máximo e mínimo) dos principais elementos que estão presentes na composição química da ilmenite, em a.p.f.u., para a totalidade de ilmenites analisadas (n=14).	37
Tabela VI.6- Análises representativas das arsenopirites analisadas. Apenas estão representados os elementos maiores e traço mais relevantes. Lâminas correspondentes: 1, 2- Arsenopirites em veio de apatite (S8.68.80) na rocha encaixante cloritizada; 3, 4- Arsenopirite na rocha encaixante turmalinizada (S1.82.39, S1.76.75); 5, 6- Arsenopirite no encaixante xisto negro (S1.37.70). 1-12 – Algumas das análises referentes às arsenopirites zonadas da figura VI.15 (S1.76.75).....	40
Tabela VI.7- Análises representativas das turmalinas analisadas. * Li ₂ O é estimado. Lâminas correspondentes: 1- Veio de apatite (S1.76.75.L1); 2- Veio de biotite (S1.81.60); 3- Encaixante (bordo) (S1.76.75.L1); 4- Encaixante (núcleo) (S1.76.95.L2).	55

Tabela VI.8- Análises representativas efectuadas às granadas, correspondentes à figura VI.40- **B** e **D** (Grt I- granada de 1ª geração; Grt II- granada de 2ª geração; B- bordo; N- núcleo). Apenas estão representados os elementos mais relevantes para o estudo. Lâmina correspondente: S8.35.75..... 59

Tabela VI.9 Amplitude composicional (média, desvio padrão, mediana, máximo e mínimo) dos principais elementos que estão presentes na composição química da apatite, em a.p.f.u., para a totalidade de apatites analisadas (n=45)..... 59

Lista de Abreviaturas

Domínios tectono-estratigráficos			
<i>ZCI</i>	Zona Centro- Ibérica	<i>ZOM</i>	Zona Ossa Morena
Entidades			
<i>EDM</i>	Empresa de Desenvolvimento Mineiro	<i>LNEG</i>	Laboratório Nacional de Energia e Geologia
<i>FCUL</i>	Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa	<i>SFM</i>	Serviço de Fomento Mineiro
Diversos			
<i>LDP</i>	Lâmina delgada polida	<i>LTDP</i>	Luz transmitida duplamente polarizada
<i>LTSP</i>	Luz transmitida simplesmente polarizada	<i>LRSP</i>	Luz reflectida simplesmente polarizada
Abreviaturas de Minerais (segundo Whitney e Evans, 2010)			
<i>Ap</i>	Apatite	<i>Ilm</i>	Ilmenite
<i>Apy</i>	Arsenopirite	<i>Lo</i>	Loellingite
<i>Bt</i>	Biotite	<i>Mrc</i>	Marcassite
<i>Cb</i>	Carbonatos	<i>Ms</i>	Moscovite
<i>Cst</i>	Cassiterite	<i>Óx Fe</i>	Óxidos de Ferro
<i>Chl</i>	Clorite	<i>Py</i>	Pirite
<i>Ccp</i>	Calcopirite	<i>Po</i>	Pirrotite
<i>Cv</i>	Covelite	<i>Qz</i>	Quartzo
<i>Elt</i>	Electrum	<i>Rt</i>	Rútilo
<i>Fsp</i>	Feldspato	<i>Sch</i>	Scheelite
<i>Fls</i>	Filossilicatos	<i>Sp</i>	Esfalerite
<i>Gn</i>	Galena	<i>Stn</i>	Estanite
<i>Grt</i>	Granada	<i>Tur</i>	Turmalina
<i>Grk</i>	Greenockite	<i>Wlf</i>	Volframite
Unidades			
<i>a.p.f.u</i>	Átomos por fórmula unitária	<i>wt %</i>	Peso por cento
<i>at. %</i>	Percentagem atómica	<i>ppm</i>	Partes por milhão
<i>Ma</i>	Milhões de anos	<i>km</i>	Quilómetro
<i>m</i>	Metro	<i>cm</i>	Centímetro
<i>mm</i>	Milímetro	<i>µm</i>	Micrómetro
\bar{X}	Média	\tilde{X}	Mediana
Outros			
□	Vazios estruturais	<i>e.g.</i>	<i>Exempli gratia</i> (por exemplo)

I. Introdução

A jazida estano-volframítica de Vale Pião, situada na região de Góis, foi sujeito a atividade mineira no período de 1946-1969, pela empresa COFENA. Já nos anos 80 do século XX, o Serviço de Fomento Mineiro (SFM) realizou nesta área vários trabalhos de prospecção e pesquisa. Inserida no antigo Couto Mineiro de Góis, esta ocorrência mineral foi a mais relevante da região, no que diz respeito ao W e Sn. Embora menos abundante, a presença de mineralização de Au é também reconhecida nesta região.

Não obstante os numerosos trabalhos e relatórios existentes sobre a jazida de Vale Pião (*e.g.* Adónis, 1970; Varinho, 1984, 1986; Torres, 1985; Parra, 1988, 1995; Manuel, 2015; entre outros), os processos geológicos que condicionaram a génese e evolução do sistema mineralizante de W-Sn-(Au) do jazigo de Vale Pião, permanecem relativamente incompreendidos. Em trabalhos recentes (Martins, 2017), com base em amostras de testemunhos de quatro sondagens (S4, S9, S12 e S13) da mina de Vale Pião, a mineralogia e geoquímica foram objecto de intenso estudo, no qual foi possível identificar três estilos de mineralização principais: brechas, filões quartzosos e aplitos. Contrariamente ao descrito em relatórios antigos, Martins (2017) concluiu que a scheelite predomina relativamente à volframite, a cassiterite é rara ou até mesmo inexistente e as brechas são as estruturas principais que albergam as mineralizações e não os filões quartzosos. No mesmo trabalho, foram identificados e descritos quatro tipos de filões, dos quais apenas dois continham mineralização. Foi também reconhecida a mineralogia principal que compõe toda a jazida de Vale Pião: silicatos (moscovite, biotite, clorite, turmalina, feldspato, esfena, clinozoisite); sulfuretos (pirite, marcassite, pirrotite, calcopirite, arsenopirite, esfalerite, estanita, galena, bismutinite); óxidos/tungstos (volframite, cassiterite, scheelite, rútilo); fosfatos (apatite, monazite); carbonatos (siderite, carbonatos Fe-Mg); outros (fluorite, electrum, fases de bismuto Te/Au, maldonite). A diversidade composicional, mineralógica e textural detectada no jazigo de Vale Pião é compaginável com um sistema hidrotermal marcado por uma multiplicidade de eventos mineralizantes, que se sobrepõem, conferindo ao sistema uma génese polifásica.

O objectivo deste relatório prende-se, fundamentalmente, em: i) estender a amostragem a mais sondagens, incidindo predominantemente nos intervalos de sondagem que denotem teores mais elevados de W, Sn e Au; ii) estabelecer a paragénese mineral dominante, corroborando a mineralogia identificada em relatórios anteriores, e caracterizar detalhadamente os metassedimentos, estruturas epigenéticas e mineralizações que compõem o sector de Vale Pião; iii) caracterizar os halos de alteração hidrotermal, particularmente sulfidização, turmalinização, biotitização, cloritização e silicificação; iv) testar quais as condições que concorrem para a coexistência de scheelite e volframite num sistema; v) verificar se a predominância de scheelite em detrimento da volframite é contínua; vi) averiguar a proveniência dos altos teores em Sn, uma vez que a presença de cassiterite nas sondagens é bastante atípica; vii) compreender o papel do F, B, Cl e P no fluido mineralizante; viii) estudar detalhadamente a mineralização de Au, com o intuito de compreender a que estruturas se associa, se corresponde ao mesmo evento que deu origem às mineralizações de W-Sn e se apresenta continuidade espacial.

Para a concretização deste relatório procedeu-se à amostragem de três sondagens (S1, S8 e S11) da mina de Vale Pião, executadas pelo SFM, e à caracterização petrográfica e mineralógica detalhada de amostras de testemunhos de sondagem, bem como dos fenómenos de alteração hidrotermal, associados à mineralização de W-Sn-(Au). Para a realização das diversas etapas recorreu-se à utilização da microsonda electrónica (MSE) do Departamento de Geologia da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa (GeoFCUL).

II. Enquadramento Geológico

II.1 Geologia Regional

A área de estudo, Vale Pião, insere-se na unidade geotectónica designada Zona Centro Ibérica (ZCI), a qual foi descrita e definida por Lotze (1945) e Julivert *et al.* (1972). A ZCI é uma das seis unidades geotectónicas que se enquadram no Maciço Hespérico, o qual se caracteriza como um dos segmentos fundamentais que formam o território português (Thadeu, 1965). A região de Góis localiza-se no bordo ocidental e central do Maciço Hespérico, onde este é limitado por duas estruturas tectónicas que constituem parte das faixas de cisalhamento designadas “Porto-Coimbra-Tomar” (N-S) e “Tomar-Badajoz-Córdova” (NW-SE), e que separam as duas grandes unidades ZCI e Zona de Ossa-Morena (ZOM) (figura II.1; Gama Pereira *et al.*, 2004).

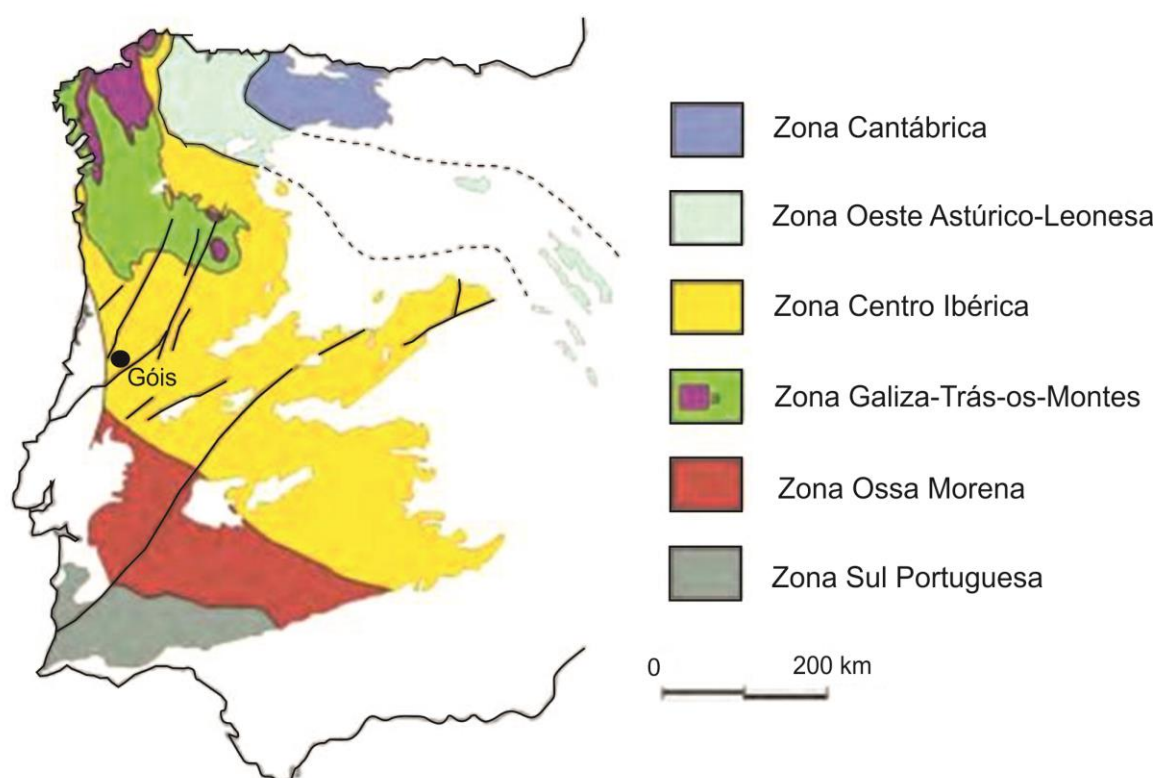


Figura II.1– Esquema geológico das diferentes unidades que compõem o Maciço Hespérico (adaptado de Pérez-Estaún *et al.*, 2004).

Inserida na ZCI, a espessa sequência de metassedimentos do “Complexo-Xisto-Grauváquico” (CXG), assim designada por Carrington da Costa (1950) e actualmente denominada por Super Grupo Dúrico-Beirão (Sousa e Sequeira, 1987-89), é constituída por três grandes grupos, entre os quais se destaca o Grupo das Beiras (o mais antigo do CXG) onde se insere a área de estudo (figura II.2-A). O CXG depositou-se sobre um soco Pré-câmbrico gneissíco, contudo a inferida inconformidade da base do CXG tem sido obliterada pela intensa deformação Varisca, metamorfismo regional e diversas intrusões graníticas (Ribeiro, 1990).

O Grupo das Beiras, aflorante nos extremos SSW e WNW do autóctone da ZCI, de idade Neoproterozóica (Sousa, 1984), é caracterizado essencialmente por xistos argilosos e metagrauvaques, que formam uma sucessão “flyschóide” muito compacta (Sequeira *et al.*, 1997). Este grupo encontra-se fortemente afectado pela deformação Varisca (380-280 Ma) dúctil-frágil, caracterizada inicialmente por tensões compressivas máximas NE-SW, as quais originaram grandes dobramentos (tais como o anticlinal de Valongo, sinclinal do Bucaço, etc) com superfícies axiais de direcção média NW-SE a E-

W, subverticais, às quais se associa uma clivagem de plano axial (S1), com eixos a mergulhar ligeiramente para NW e SE. Estas direções caracterizam genericamente a primeira fase da deformação Varisca (D₁), datada de 379 ± 12 Ma (Pereira *et al.*, 1993; Gama Pereira *et al.*, 2004). Sobre S0 e S1, impôs-se uma nova fase de deformação Varisca (D₂) que resultou num redobramento das dobras D₁, originando dobras com planos axiais de direção geral N-S, associados a uma clivagem de crenulação (S2) e geração de diversos cavalgamentos (Gama Pereira *et al.*, 2004). A terceira fase de deformação varisca (D₃), datada de 320-315 Ma (Dallmeyer *et al.*, 1997; Marques *et al.*, 2002), foi essencialmente responsável pela intrusão dos granitóides que originaram acentuadas auréolas de metamorfismo de contacto, ao longo de diversos km, e ainda pelo desenvolvimento de zonas de cisalhamento dúctil, verticais. Sobreposta à deformação Varisca, actuou uma tectónica compressiva mais recente, Alpina (65-2,6 Ma), caracterizada como uma deformação essencialmente frágil, que reativou um sistema de estruturas tectónicas frágeis e estruturas brechóides, de direção geral NE-SW, e falhas subverticais NW-SE e N-S da orogenia Varisca. A principal falha do sistema NE-SW, localizada a norte da área de estudo, é a denominada falha da Lousã (ou Góis), de orientação média N50E, que separa o CXG (a SE) dos depósitos detríticos mais recentes Meso-Cenozóicos (a NW) através de um cavalgamento para N, com componente de desligamento esquerdo, e que controla a bacia mesocenozóica de Lousã-Arganil (Meireles *et al.*, 2013). Esta falha seria inicialmente uma falha tardi-Varisca subvertical que foi submetida a movimentação vertical, até meados do Tortoniano, e reativada posteriormente como cavalgamento (Sequeira *et al.*, 1997).

As formações do Grupo das Beiras foram sujeitas a metamorfismo de contacto, através da intrusão de corpos graníticos ante-Variscos (Cadomianos), como é o caso do granito do Coentral e, posteriormente, a metamorfismo regional Varisco (Gomes *et al.*, 1991). O granito do Coentral, aflorante na Serra da Lousã, mais precisamente na região de Coentral, corresponde a um dos 8 plutonitos aflorantes instalados no CXG e ocupa uma área de aproximadamente 6 km², com uma forma ligeiramente elíptica e alongada segundo N-S (figura II.2-B). O granito é caracterizado como peraluminoso evoluído e é constituído, predominantemente, por duas micas (moscovite, de várias gerações, e biotite metamórfica/metassomática) e megacrístais de feldspato potássico suportados por uma matriz de grão médio (Gomes *et al.*, 1991). Apresenta amplas auréolas de metamorfismo de contacto caracterizadas pelo desenvolvimento de corneanas e filitos mosqueados com porfiroblastos de cordierite e andaluzite. Segundo Gomes e Antunes (2011), o intervalo de idades obtidas (586-582 Ma) através de dados isotópicos U-Pb ID-TIMS (*Isotope Dilution – Thermal Ionization Mass Spectrometry*) de zircões, sugere que este corpo granítico se associa ao magmatismo da orogenia Cadomiana (Pré-Câmbrico terminal) e que o mesmo corpo foi sujeito, posteriormente, à primeira fase (372 Ma) e segunda fase (341 Ma) da deformação Varisca (idades obtidas para biotites através do método de datação radiométrica K-Ar).

Sobre o CXG, assentam discordantemente unidades Ordovícicas, denominadas “Quartzitos Armoricanos”, através da discordância toledânica (incorretamente designada por discordância sarda) pondo em evidência os efeitos da deformação pré-varisca que ocorreram no domínio da ZCI (González Lodeiro *et al.*, 2004; Meireles *et al.*, 2013; Amaral *et al.*, 2014). A base do Ordovícico é caracterizada pela existência de conglomerados, arenitos e siltitos (Ribeiro, 1990).

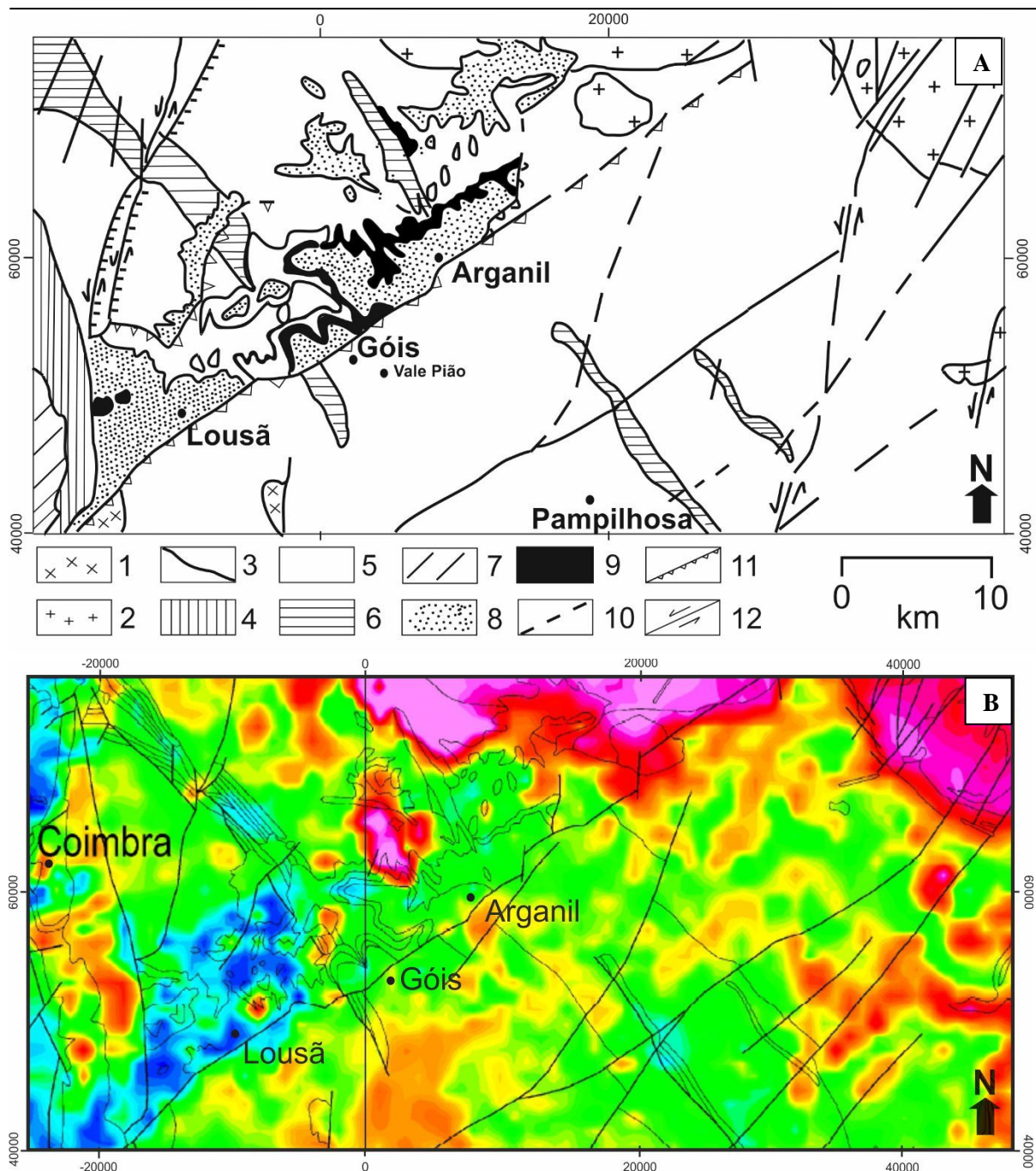


Figura II.2– A) Enquadramento geológico regional (adaptado de Sequeira et al., 1997; Carta Geológica de Portugal 1/500000, 1992). Legenda: 1- Granitóides pré-Variscos; 2- Granitóides Variscos pós-tectónicos; 3- Falhas; 4- Complexo Cristalofílico (Pré-Câmbrio superior); 5- Grupo das Beiras (Precâmbrio superior); 6- Rochas Paleozóicas; 7- Rochas Triássicas e Jurássicas; 8- Sedimentos Cretácicos; 9- Sedimentos Terciários (arcoses); 10- Falha provável; 11- Cavalgamento; 12- Falha de desligamento; B) Enquadramento geológico regional inserido na carta radiométrica 1:500000 do LNEG.

II.2 Geologia Local

Na região de Góis, o Grupo das Beiras está representado litoestratigraficamente, da base para o topo, pelas formações Caneiro, Boque-Serpins (onde se insere Vale Pião) e Colmeal. Todas estas formações apresentam características estruturais e de deformação similares, e pertencem ao sector sul Coimbra-Lousã-Góis do Grupo das Beiras (Meireles et al., 2013). Constata-se que a deformação Varisca D₁, de compressão máxima NE-SW, foi a principal responsável pela estruturação das três formações (Caneiro, Boque-Serpins e Colmeal).

II.2.1 Formação Caneiro

A Formação Caneiro, anteriormente intitulada Rio Ceira - Caneiro (Sousa e Sequeira, 1993), representa a unidade inferior da sequência e é constituída por metagrauvaques grosseiros, que formam bancadas com aproximadamente 2 m de espessura e níveis conglomeráticos com intercalações metapelíticas (Sequeira e Sousa, 1991). As bancadas de topo desta formação, associadas a intercalações decimétricas a métricas de filitos grafitosos com pirite abundante e argilo-siltitos, vão-se tornando mais quartzosas. Os níveis de metapelitos laminados com sulfuretos disseminados, essencialmente pirite, funcionam como nível de referência marcando a transição gradual para a unidade suprajacente designada Formação Boque-Serpins (Meireles *et al.*, 2013).

II.2.2 Formação Boque-Serpins

A Formação Boque-Serpins, unidade intermédia da sequência, é caracterizada essencialmente por metapelitos laminados constituídos por alternâncias, milimétricas a decimétricas, de material siltítico e material argiloso. Em certas bancadas arenosas, podem ser observadas diversas estruturas sedimentares como *ripples* (marcas de ondulação) e estruturas entrecruzadas do tipo *hummocky* (Sequeira e Sousa, 1991). Ocasionalmente existem intercalações de metagrauvaques que não ultrapassam os 10-15 m e níveis conglomeráticos heterogêneos intraformacionais, suportados por uma matriz gresosa a siltítica (Meireles *et al.*, 2013). Para o topo desta formação, ocorre uma diminuição da granulometria dos materiais arenosos, o que denuncia uma sedimentação mais calma.

II.2.3 Formação Colmeal

A Formação Colmeal, recentemente individualizada por Meireles *et al.* (2013), situa-se a topo da Formação Boque-Serpins, preservada nos núcleos de sinclinais D₁ Variscos, e é constituída por uma sequência de metapelitos argilosos com intercalações de quartzitos (bancadas centimétricas) e metagrauvaques. No geral, correspondem a arenitos finos com pontuações de óxidos e matriz siliciosa, por vezes com patines ferruginosas. Uma das características utilizadas para reconhecer esta formação, são as segregações de quartzo metamórfico que ocorrem nas bancadas mais “quartzíticas”, as quais sugerem uma plataforma pouco profunda, siliciclástica (Meireles *et al.*, 2013).

II.2.4 Metamorfismo

O Grupo das Beiras, na região de Góis, manifesta influências de metamorfismo regional, que não ultrapassa a zona da clorite da fácies dos xistos verdes, evidenciado pelo aspecto relativamente luzente das rochas mais finas e pelo aspecto quartzítico das rochas mais grosseiras (Parra, 1988). Para além do metamorfismo regional, o grupo das Beiras foi, concomitantemente, sujeito a metamorfismo de contacto demonstrado pelos xistos mosqueados (na zona da Cabreira e Sr^a da Guia; figura II.3), rochas quartzíticas e grauvaques de aspecto quartzítico (em Vale Pião), possivelmente induzidos por granitóides ante-variscos ou variscos (Sequeira *et al.*, 1997). Em 1985, foram efectuadas diversas campanhas de prospeção geofísica, pelo SFM, no Couto Mineiro de Góis, com o propósito de verificar a existência de uma intrusão granítica não aflorante responsável pelas auréolas de metamorfismo e pela mineralização em Sn e W, presentes em Vale Pião. Através de métodos de refração e reflexão sísmica, foram obtidos resultados positivos que indicaram um zonamento no encaixante e uma zona de oxidação-redução entre dois níveis xistentos relativamente distintos (um nível menos compacto e mais grauvacóide e outro nível mais compacto e silicificado). Estes resultados estão associados à possível existência de uma cúpula granítica na zona de Vale Pião, entre os 180-280 m de profundidade (Torres, 1985). Contudo, todos estes resultados carecem de confirmação. O maciço granítico do Coentral, aflorante a 12 km a SW de Góis, e o granito de Espariz-Carrozelo, a 20 km a NNE, são os afloramentos graníticos mais próximos das mineralizações de Góis (Parra, 1988; figura II.2).

II.2.5 Falhas Principais

A orogenia Alpina, responsável pelo desencadeamento de um sistema de falhas de orientação geral NE-SW, dividiu a região de Góis em diversos blocos limitados pelas mesmas falhas (figura II.3). Na região mineira de Góis distinguem-se três falhas principais (Adónis, 1970): i) a falha de Lousã, de direção NE-SW, que separa o CXG dos depósitos detríticos mais recentes, e que actualmente se comporta como uma falha inversa que permite o cavalgamento das formações mais antigas sobre as mais recentes; ii) a falha de Sr^a da Guia, de direção N55E, que terá causado o abatimento do bloco sudeste; iii) a falha da Cabreira, de orientação N60E.

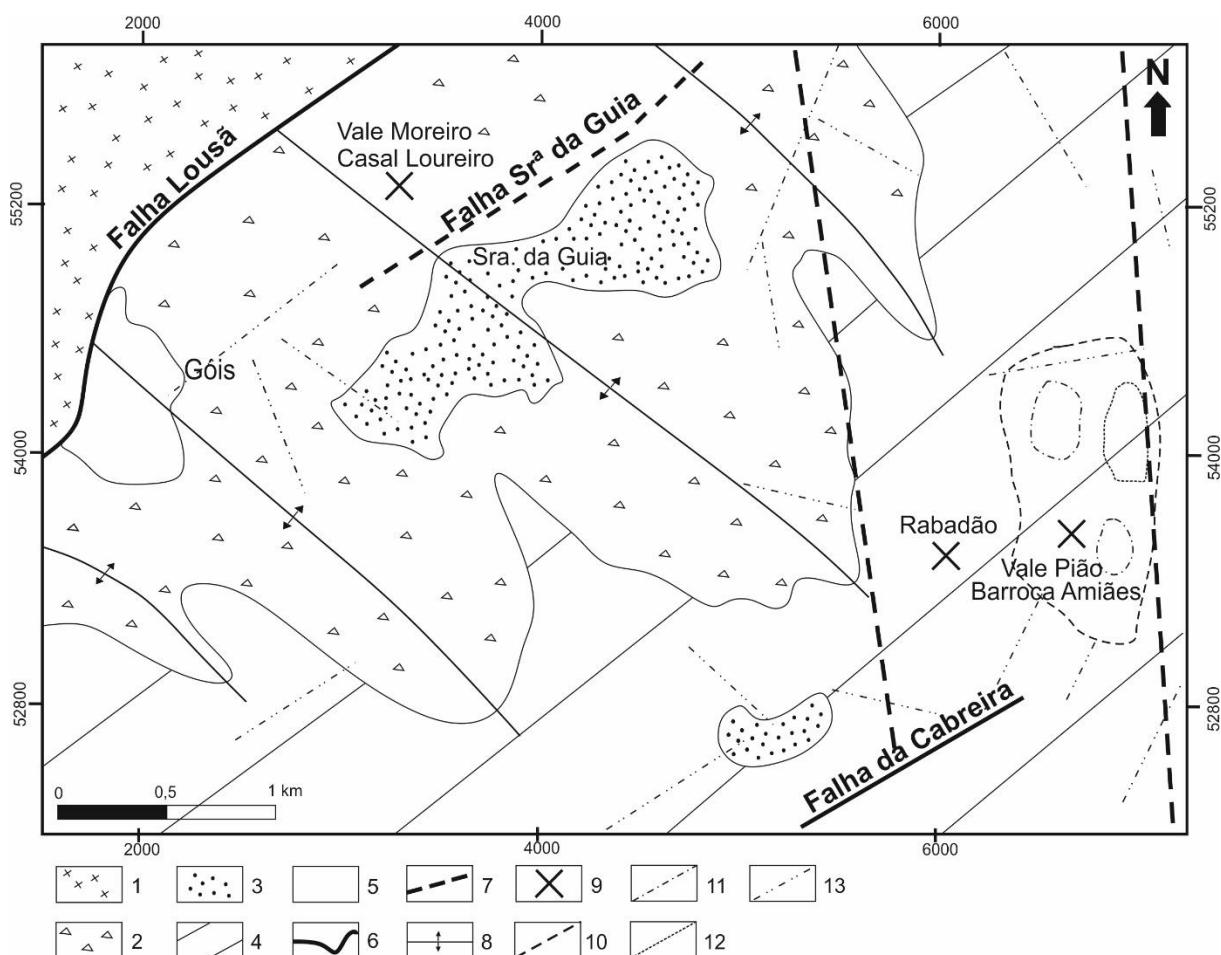


Figura II.3- Mapa geológico com a representação das litologias, estruturas mais relevantes e principais ocorrências minerais de W-Sn da região de Góis. Legenda: 1- Material continental indiferenciado Meso-Cenozóico; 2- Formação Caneiro; 3- Xistos Mosqueados; 4- Formação Boque-Serpins; 5- Área Urbana; 6- Falha observada; 7- Falha provável; 8- Charneira dos anticlinais D1; 9- Principais ocorrências de Sn + W que constituíram o antigo Couto Mineiro de Góis; 10- Sulfidização; 11- Turmalinização; 12- Silicificação; 13- Fraturas foto-interpretadas.

II.3 Mineralizações de W, Sn e Au

A “Província Setentrional”, inserida no maciço hespérico, mais precisamente distribuída pela Zona Centro Ibérica (ZCI) e Zona Galiza Trás-os-Montes (ZGTM), compreende alguns dos jazigos epigenéticos de filiação granítica de Sn, W e Au mais significativos de Portugal, os quais constituem a designada “Província metalogenética estano-volframítica Ibérica” (Cotelo Neiva, 1944; Thadeu, 1965). Ambas as zonas (ZCI e ZGTM) são caracterizadas pela existência de médio a alto grau metamórfico e, concomitantemente, pelo magmatismo sinorogénico (Ugidos, 1990). As mineralizações de Sn, W e Au, do norte e centro de Portugal, revelam uma forte relação espacial com rochas granitóides originadas e instaladas durante o período Meso a Tardi-Varisco e por vezes

associam-se a zonas de cisalhamento formadas e reactivadas durante o mesmo período (Mateus e Noronha, 2010; Noronha *et al.*, 2013). As mineralizações de Sn relacionam-se espacialmente com granitos de duas micas sintectónicos especializados em Sn, e correspondem a mineralizações sin a tardi D₃, admitindo-se efectivamente uma origem no magmatismo anatótico granítico peraluminoso. Não obstante as mineralizações de Au ocorrerem em estruturas quartzosas anteriores ou contemporâneas a D₃ são, no entanto, mineralizações tardi D₃ (Noronha *et al.*, 2013). Quanto às mineralizações de W, associadas a fluidos aquo-carbónicos resultantes da interação da água com as rochas metamórficas hospedeiras ricas em C, é-lhes atribuída uma relação espacial associada aos granitos pós tectónicos (pós-D₃) e deposição do minério de W a uma profundidade de 5 km (Noronha *et al.*, 1999, 2013). A grande maioria dos granitos que hospedam as mineralizações de W-Sn corresponde a granitos do tipo-S, no entanto, as mineralizações podem também estar associadas a granitos do tipo-I (Neiva, 2002). O Sn, que se manifesta sob a forma de cassiterite, ocorre essencialmente em pegmatitos graníticos, veios de quartzo e greisens. Por outro lado, o W, que ocorre sob a forma de wolframite e/ou scheelite, e o Au desenvolvem-se predominantemente em veios de quartzo (figura II.4).

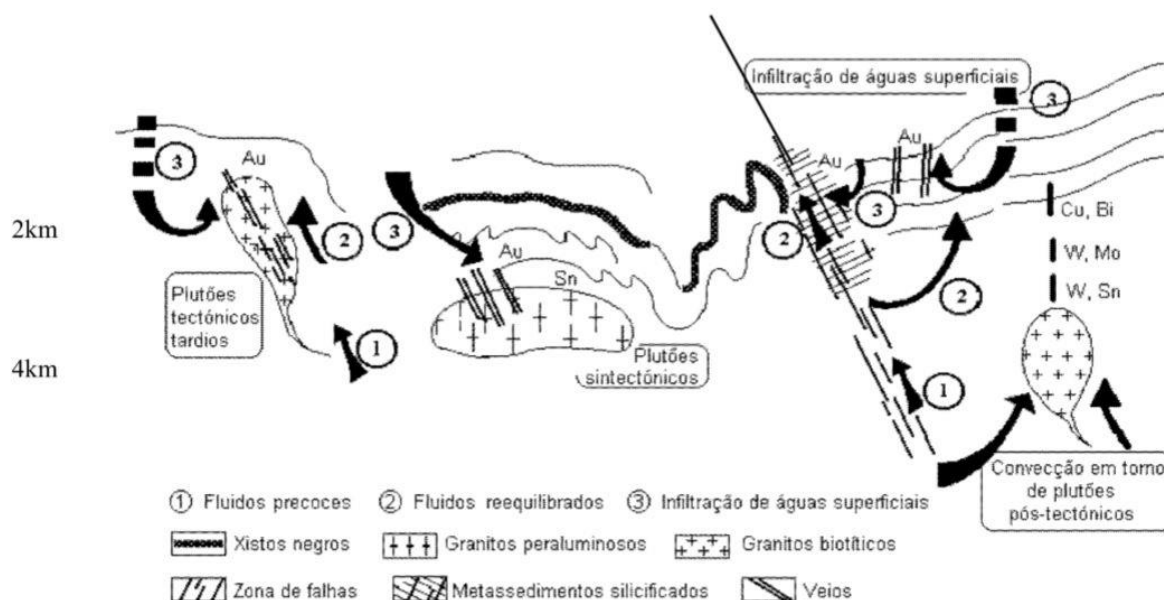


Figura II.4- Esquema ilustrativo do contexto de formação dos diferentes tipos de mineralizações (retirado de Noronha *et al.*, 2013).

Geralmente, os teores em metais nos granitos do norte de Portugal são relativamente baixos, particularmente os teores em W, que esporadicamente superam os 7 ppm, e os teores em Au, que perfazem poucos ppb; em oposição, frequentemente os teores em Sn rondam os 30 ppm (Noronha *et al.*, 2013). Não obstante o facto do “stock” de metal já existente nos jazigos de Sn ter sido suficiente para gerar grandes concentrações de Sn, o mesmo não se verifica para os jazigos de W e Au. Dado que, para estes últimos jazigos, os processos de diferenciação magmática e os de alteração tardi- a pós-magmática, não são suficientes para justificar as altas concentrações, admitindo-se que terá existido efectivamente uma introdução de metal suplementar através da participação de fluidos hidrotermais que competiram para o acréscimo do teor em metais (Noronha *et al.*, 2013). Para o caso das mineralizações de W-Sn e Au/Ag, diversos autores sugerem a existência de pré-concentrações de origem sedimentar ou exalativa-vulcânica, como sejam a presença de scheelite interestratificada em níveis calcossilicatados na parte superior do CXG e a presença de cassiterite disseminada nos xistos, que terá sido remobilizada por material eruptivo a partir de concentrações existentes nos sedimentos; adicionalmente, para as mineralizações de Au/Ag, também é admitida a existência de pré-concentrações desencadeadas pela mobilização de fluidos de origem metamórfica e controlados pela

tectónica (Thadeu, 1973; Inverno e Ribeiro, 1980; Ribeiro e Pereira 1982; Pereira *et al.*, 1993; Lourenço, 2002). Salienta-se que a existência de pré-concentrações, de variadas origens, não é incompatível com a origem e/ou concentração dos metais por processos magmáticos ligados à instalação dos granitos (Lourenço, 2002). Os granitos Meso a Tardi-Variscos manifestaram, de facto, uma grande importância metalogenética ao contribuírem como fonte de calor motivadora da geração de circuitos hidrotermais que concorreram para a formação das mineralizações metálicas, particularmente as de W e Au (Noronha *et al.*, 2013). Diversos autores revelam que a província metalogenética estano-volframítica é controlada por factores diversos como a acentuada actividade vulcânica bimodal da ZOM, o vulcanismo e magmatismo “Olho de Sapo” e, ainda, o magmatismo anorogénico no bordo oeste da ZCI (Ribeiro e Pereira, 1982; Pereira *et al.*, 1993).

Na região de Góis - Castanheira de Pêra são conhecidas cerca de 17 ocorrências minerais de W-Sn e Au-Ag, que se enquadram na área de prospecção e pesquisa de Escádia Grande, cujos direitos foram atribuídos à EDM (figura II.5). As ocorrências distribuem-se por três faixas metalíferas que se alinham segundo N-S/NW-SE/E-W. A sobreposição dos eventos W-Sn e Au-Ag, corroborados na zona de Vale Pião, poderá ser justificada pelo facto de nesta mesma zona existir uma intersecção de duas dessas faixas metalíferas, designadas Faixa W-Sn de Góis-Panasqueira-Argemela-Segura e Faixa Au-Ag de Vieiro-Fonte Limpa. A faixa Góis-Segura exibe diversas ocorrências de W-Sn que se dispõem segundo uma orientação geral E-W/ENE-WSW e que se associam a cúpulas graníticas não aflorantes; a faixa Vieiro-Fonte Limpa, situada ao longo de uma falha de direcção média N-S, é constituída por ocorrências de Au-Ag inseridas em filões quartzosos tais como o de Vieiro, Cadafaz, Corterredor, Mestras e Cabeçadas (Manuel, 2015). A faixa Au-Ag de Escádia Grande é controlada por um cisalhamento esquerdo, de direcção NW-SE, onde estão presentes filões quartzosos dispostos ao longo de uma charneira de sinforma secundário.

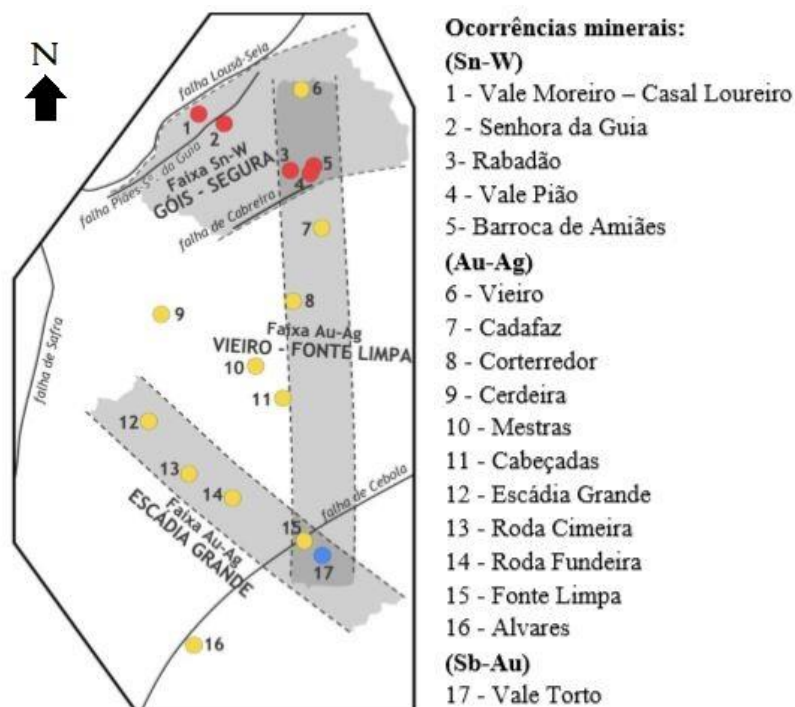


Figura II.5- Esquema representativo da área de pesquisa e prospecção de Escádia Grande pertencente à EDM, e das diferentes faixas metalíferas presentes entre Góis-Castanheira de Pêra (modificado depois de Manuel, 2015 em Martins, 2017). Os dados referentes às faixas e ocorrências foram retiradas da SIORMINP (Sistema de Informação de Ocorrências e Recursos Minerais Portugueses).

III. A Mina de Vale Pião

O couro mineiro de Góis, fundado em 1957 pelo engenheiro Stanley Mitchell, no período de maior actividade foi composto por 17 concessões (figura III.1), entre as quais está incluída a concessão de Vale Pião, onde se localiza a mina com o mesmo nome. A jazida de Vale Pião constituiu um dos depósitos mais importantes do couro mineiro de Góis, para estanho e tungsténio. Os trabalhos de prospecção e exploração na área de concessão de Vale Pião, iniciados em 1946 e prolongados até 1969, centraram-se em filões quartzosos de cassiterite e/ou volframite e nos “ligais”, um tipo de jazida colunar subvertical de pequeno tamanho em que a mineralização em cassiterite e volframite se instalou, no geral, por substituição das rochas encaixantes e foi dirigida pela fraturação (Parra, 1988). Contudo, as antigas lavras mineiras pouco aproveitaram esta jazida pois actualmente é conhecido que o minério principal de cassiterite e volframite de Vale Pião ocorre, essencialmente, em brechas de morfologia lenticular. A área da mina de Vale Pião foi sujeita a uma campanha de prospecção e pesquisa por parte do SFM que consistiu na realização de 25 sondagens (S1-S19 e W1-W6), perfazendo um total 3200m (figura III.2). Foram também realizados pequenos desmontes superficiais e subterrâneos e abertura de variadas sanjas. De acordo com Parra (1988) contabilizaram-se cerca de 490.000 toneladas de minério com teores de 0,2% de Sn e 0,16% de W como recursos minerais.

III.1 Mineralização da Mina de Vale Pião

A jazida estano-volfrâmica da mina de Vale Pião, localizada a 4,5 km a E da vila de Góis, é hospedada no Complexo Xisto-Grauváquico e situa-se numa área dividida em diversos blocos limitados por estruturas frágeis de idade alpina, de orientação geral NE-SW, mais precisamente entre as falhas Sr^a da Guia e Cabreira (figura II.3). A mineralização de W-Sn de Vale Pião ocorre essencialmente em quatro tipos de estruturas mineralizadas: brechas lenticulares; *stockworks* adjacentes às brechas; filões quartzosos; aplito (Parra, 1988; Martins 2017). Tanto as brechas como os filões encontram-se instalados em corredores de cisalhamento de diversas direções (Parra, 1988). A jazida de Vale Pião, segundo Parra (1988), desenvolveu-se em três etapas de mineralização: (1) instalação dos filões de quartzo sub-verticais, das brechas lenticulares e dos veios de quartzo anastomosados do tipo *stockwork* que se associam às brechas; (2) retrabalhamento das brechas primárias, geração de novas brechas secundárias tabulares e instalação de novos filões sub-verticais; (3) desenvolvimento dos filões de quartzo sub-horizontais. As brechas, constituídas por uma matriz de argila, quartzo e sulfuretos, com clastos do encaixante, de morfologia lenticular ou tabular, são o resultado de fenómenos de enchimento e de substituição metassomática. A mineralização das brechas tardi-variscas (NNE-SSW) é representada essencialmente por cassiterite e volframite e, em menores quantidades, por esfalerite, pirite, calcopirite, arsenopirite e estanita. Segundo Parra (1988), a sequência de deposição nas brechas inicia-se com a formação de quartzo e arsenopirite, de seguida a cassiterite, volframite, esfalerite e nova geração de quartzo (2^a geração). Posteriormente, segue-se uma fase sulfuretada com deposição de esfalerite, arsenopirite, pirrotite, calcopirite e pirite. Por fim, surge uma fase carbonatada onde se depositam carbonatos como a siderite, anquerite e calcite, juntamente com pirite, marcassite e pirrotite. De acordo com Parra (1988) as brechas foram classificadas em principais e secundárias, consoante as orientações médias. As principais, consideradas as mais precoces, apresentam direções entre N20-25E e N50E, com pendor 60-80° para SE, e as secundárias exibem direções entre N0-35W, N65-80W, N55-60E, N80-90E, com pendores de 50-80° SE. Apenas se conhecem ocorrências de brechas em Vale Pião e em Vale Moreiro. Os filões de quartzo da área em estudo situam-se sempre encaixados no CXG e resultam de sucessivas fases tectónicas acompanhadas de mineralizações. As orientações gerais dos filões precoces correspondem a N50-75W (semelhante à orientação da estratificação) e N80-90E, com pendores entre 70-85°, enquanto os mais recentes, que rejeitam os filões anteriores e as brechas, dispõem de uma direção geral N-S, com inclinações 5-15°

para W. Os filões que albergam as mineralizações podem ser constituídos por cassiterite e volframite, scheelite e volframite ou apenas cassiterite. Todos estes filões são empobrecidos em sulfuretos, contudo os sulfuretos mais comuns são a pirrite, pirrotite, arsenopirite, esfalerite e calcopirite.

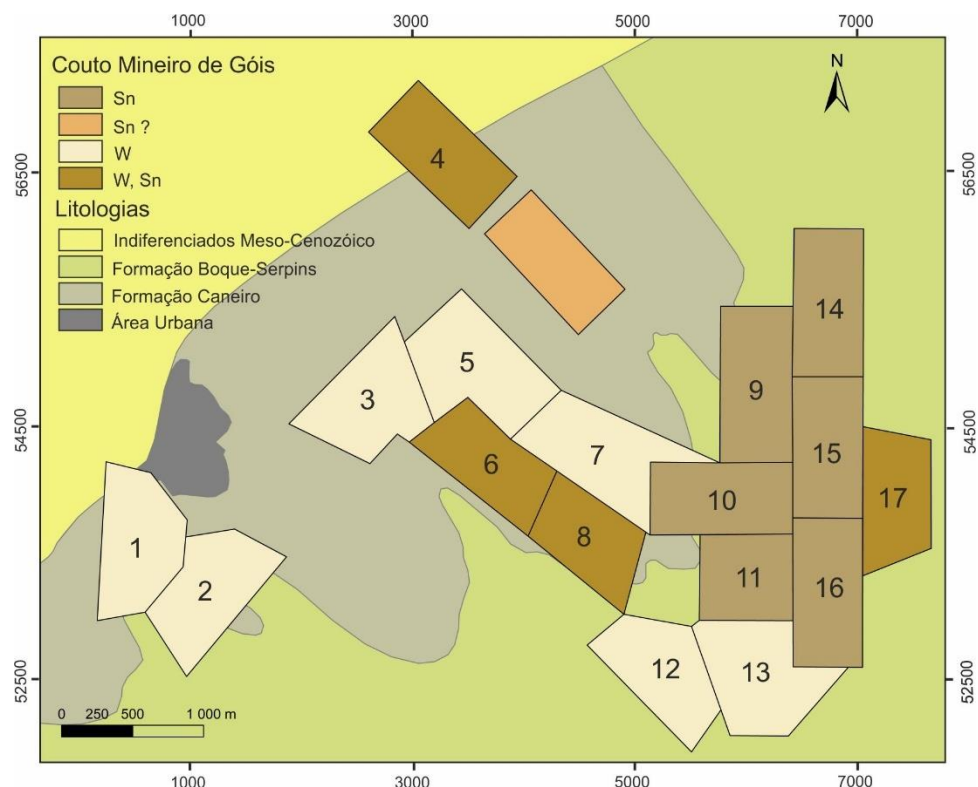


Figura III.1– Mapa do Couto Mineiro de Góis, com as concessões representadas: 1- Vale da Asna; 2- Vale Salgueiro; 3- Ribeiro; 4- Ribeira de Piães; 5- Sandinha; 6- Ribeiro nº1; 7- Almas do Liboreiro; 8- Alto do Rabadão; 9- Rabadão nº2; 10- Rabadão nº1; 11- Fragas de Estanho; 12- Cabreira; 13- Vale da Ursa; 14- Lombo do Gordo; 15- Barroca de Amiais; 16- Vale Pião; 17- Amiais.

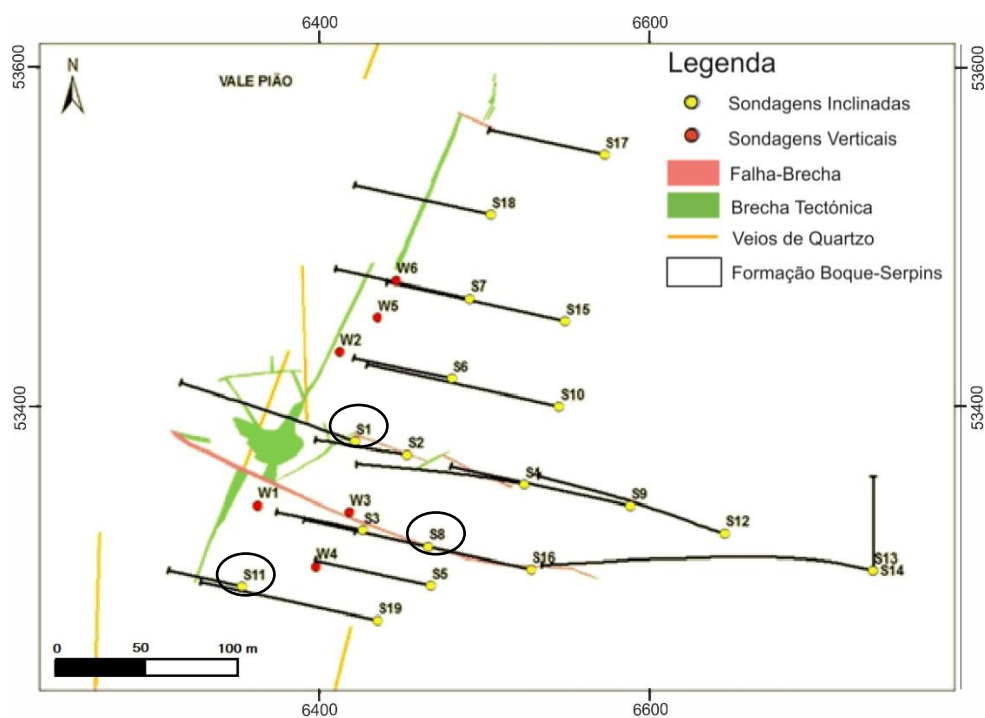


Figura III.2- Localização das sondagens amostradas (S1, S8 e S11- círculo preto) e das restantes sondagens da mina de Vale Pião.

As rochas encaixantes de Vale Pião correspondem a grauvaques e xistos argilosos negros, ambos impregnados com pirite (Adónis, 1970). A alteração hidrotermal das rochas encaixantes junto ao encosto das brechas originou turmalinização, moscovitização e piritização. Estudos efectuados pelo SFM (Vairinho, 1984^{a,b}) permitiram a caracterização e divisão da mineralogia que constitui a mineralização: a principal é composta por arsenopirite, pirite, marcassite, volframite e esfalerite; a acessória é caracterizada por cassiterite, estanita, calcopirite e pirrotite. Na ganga foi identificado quartzo, moscovite, biotite, rútilo, turmalina, clorite. Em duas amostras classificadas como metagruvaques silicificados foram identificadas granadas, as quais são bastante atípicas e de origem ainda desconhecida (Vairinho, 1984^{a,b}; Oliveira, 1990). Num trabalho recente (Martins, 2017) foi identificado um aplito mineralizado em cassiterite, volframite, scheelite e raro electrum. Esta estrutura aplítica é incomum e particular neste jazigo. O mesmo autor identificou, através de análises de microsonda electrónica de 16 lâminas delgadas, os minerais chave presentes em três sondagens de Vale Pião (S4, S9, S12), os quais são divididos em: silicatos (moscovite, biotite, clorite, turmalina, feldspato, esfena, clinozoisite); sulfuretos (pirite, marcassite, pirrotite, calcopirite, arsenopirite, esfalerite, estanita, galena, bismutinite); óxidos/tungstatos (cassiterite, rútilo, volframite, scheelite); fosfatos (apatite, monazite); carbonatos (siderite, carbonatos Fe-Mg); outros (fluorite, electrum, fases de bismuto Te/Au, maldonite). Verificou-se também que, ao contrário do que está descrito em trabalhos anteriores (Adónis, 1970; Parra, 1988), a ocorrência de scheelite predomina sobre a volframite e a cassiterite é rara. Foram diferenciados e descritos quatro tipos de filões de quartzo, segundo Martins (2017): (I) os mais precoces, com duas gerações de quartzo existentes, deformação dúctil e salbanda micácea visíveis; (II) sem salbanda micácea, constituídos por clorite e carbonatos a preencher fracturas, duas gerações de quartzo distintas (quartzo leitoso e quartzo cinzento) e fracturação bem visível; (III) compostos por várias gerações de micas, sulfuretos de Zn, Sn e Pb, uma banda de clorite e mineralizados em Sn (cassiterite) e W (volframite); (IV) constituídos por scheelite, electrum, pirite e esfalerite em quantidades abundantes, feldspato como fase silicatada e sericitização do feldspato evidente. Devido à variabilidade composicional verificada nas brechas e nos filões mineralizados, foi sugerida uma génese polifásica para a jazida, tendo sido reconhecidos três estádios de deposição principais. O primeiro caracterizado pela deposição dos silicatos principais, scheelite, volframite, cassiterite e arsenopirite; o segundo por um evento sulfuretado com deposição de esfalerite, pirite, pirrotite e calcopirite; o terceiro definido pela precipitação das fases minerais de Au-Ag, Bi(-Te) e Pb (Martins, 2017). A associação tardia Bi-Au-Ag-Te-Pb, estritamente relacionada com arsenopirite e caracterizada por electrum + bismuto nativo + bismutinite + galena \pm maldonite \pm joseite \pm protojoseite, foi identificada por Martins (2017) em brechas e filões do tipo IV (descritos acima). A deposição da liga de Au-Ag realiza-se predominantemente nas fraturas da arsenopirite. As mineralizações de Au e Ag, segundo Parra (1990), são extremamente irregulares em termos de conteúdo e distribuição espacial, no entanto conhecem-se filões de quartzo e brechas de cisalhamento auro-argentíferos. De acordo com Parra (1990), através da aplicação do método mineralométrico em solos superficiais para a prospeção de Sn, W e Au na região de Góis, mediante a colheita de 150 amostras de concentrados numa área de 30 km², identificaram-se 8419 grãos de volframite, 1190 grãos de cassiterite, 205 grãos de scheelite e 61 grãos de ouro. Uma das anomalias de ouro obtidas com a aplicação deste método, permitiu a descoberta de um filão de quartzo auro-argentífero, de onde provieram efectivamente a maioria dos grãos de ouro recolhidos.

Estudos desenvolvidos por Oliveira (1990) em amostras de Vale Pião, que consistiram essencialmente na análise de 26 elementos traço e menores, através dos métodos de fluorescência de raio-X e espectrometria de emissão atómica por plasma, com o objectivo de desenvolver novas estratégias de prospecção, obtiveram resultados que demonstraram o seguinte: (i) a zona de Vale Pião é enriquecida em W, Sn, P e Be; (ii) o Cu, Sr, B e Rb são ligeiramente mais enriquecidos nos xistos, ao contrário do Ba, Zn e V que apresentam uma maior concentração nas rochas metassedimentares

fracamente metamorfizadas que contém sulfuretos e óxidos de Fe; (iii) as ligações do P com o Fe, Mn e Ni, estarão provavelmente relacionadas com a formação de fosfatos em ambientes sedimentares; (iv) os elementos Co, Ni, Zn, Cd, W, Sr, NH₄, (As) e (Mn) são mais enriquecidos em zonas mineralizadas (W-Sn e Au-Ag). Adicionalmente, os mesmos estudos concluíram que os episódios que originaram as mineralizações de W-Sn e as de Au serão independentes em termos genéticos, cronológicos e espaciais e, ainda, que o controlo estrutural das mineralizações hidrotermais auríferas é evidente, sendo as fracturas utilizadas como canais para a circulação do fluido mineralizante. Após trabalho de campo preliminar realizado na zona de Vale Pião, onde foi observada uma brecha junto a uma antiga galeria, identificaram-se os seguintes acontecimentos cronológicos através de relações geométricas e estruturais: (1) instalação da brecha por fracturação hidráulica, sub-paralela às fendas de tração meridionais N-S, com inclinação para E; (2) reativação de estruturas frágeis, com orientação NE-SW/N-S, sub-verticais com pendor 80°E, que originaram cataclasitos e aumento da brechificação; (3) evento condicionado por estruturas frágeis E-W que retomaram a brechificação e desenvolvimento de espaços abertos com preenchimento de quartzo.

IV. Metodologias

Este capítulo aborda essencialmente as metodologias utilizadas ao longo de todo o trabalho realizado, desde a colheita das amostras até ao procedimento de preparação das lâminas delgadas polidas e respectiva análise química.

IV.1 Amostragem

Com o intuito de estudar paragénese minerais críticas, tipos de alteração e texturas associadas à mineralização de W-Sn, foi realizada amostragem de três sondagens efectuadas pelo Serviço de Fomento Mineiro (SFM) na envolvente da mina de Vale Pião (figura III.2). A amostragem foi realizada na litoteca do LNEG em São Mamede de Infesta e consistiu na recolha de 29 amostras, das quais, quinze amostras correspondem à sondagem 1 (S1), sete amostras à sondagem 8 (S8) e sete amostras à sondagem 11 (S11). Na tabela IV.1 encontra-se a informação relativa à localização de cada uma das sondagens amostradas. A escolha das sondagens para este estudo e a seleção dos segmentos a amostrar teve por base a compilação da informação bibliográfica proveniente de dados do SFM e da EDM, o que permitiu definir critérios de seleção tais como: a localização das sondagens relativamente perto da principal brecha mineralizada; sondagens com intervalos de elevados teores em Sn, W e Au; intervalos de alteração hidrotermal com possível correlação à mineralização; filões e brechas mineralizadas. Com os critérios definidos, procurou-se então realizar uma amostragem que assegurasse a representatividade dos aspectos fulcrais ao estudo pretendido. A designação das amostras foi realizada com base no número da sondagem a que dizem respeito (S1, S8 ou S11) e, separado por um ponto, a metragem a que a amostra foi recolhida (ex. 23.90 - 23 metros e 90 centímetros), resultando em “S1.23.90”. As análises multi-elementares, cedidas pela EDM, foram obtidas através de diversos métodos analíticos como Espectrometria de Emissão Atómica (EEA) - fire assay; Espectrometria de Massa (ICP-MS/AES) – digestão 4 ácidos; Fluorescência de Raio-X (FRX) – fusão (borato).

Tabela IV.1 - Principais informações das sondagens S1, S8 e S11 de Vale Pião.

Sondagem	Coordenadas (ETRS 89 PT-TM06)		Comprimento (m)	Azimute	Inclinação
	X	Y			
S1	6421.28	53379.35	150.77	N78°W	- 45°
S8	6465.48	53317.05	130.38	N78°W	- 55°
S11	6352.88	53293.65	88.82	N78°W	- 60°

IV.2 Procedimento Laboratorial

O procedimento laboratorial compreendeu diversas etapas, iniciando-se no corte das 29 amostras numa serra diamantada para obtenção de taliscas, a partir das quais se produziram lâminas delgadas polidas para análise petrográfica e posterior análise química pontual obtida através da microsonda electrónica (MSE). Todas as etapas foram executadas nas instalações do GeoFCUL. Obtiveram-se taliscas com cerca de 5x3 cm para, de seguida, colar a superfície de interesse da talisca a um vidro despolido e, numa serra diamantada de precisão, deixar as superfícies com cerca de 0,5mm. Posteriormente, todas as superfícies foram submetidas a desgaste e polimento, em panos de 15, 6, 3 e 1 μm , durante cerca de 1h30min por pano, com o intuito de se produzirem lâminas com 30 μm de espessura. A partir das 29 amostras, foram produzidas 47 lâminas delgadas polidas (tabela IV.2)

Tabela IV.2- Lâminas efectuadas correspondentes a cada sondagem. A designação L1/L2/L3 diz respeito ao número de lâminas de cada amostra.

Sondagem 1	Sondagem 8	Sondagem 11
S1.23.38	S8.34.53.L1/L2	S11.12.35.L1/L2
S1.23.90.L1/L2	S8.34.80	S11.22.00.L1/L2
S1.25.00	S8.35.75	S11.46.85.L1/L2
S1.36.80.L1/L2	S8.38.80.L1/L2	S11.66.97.L1/L2/L3
S1.37.70.L1/L2	S8.44.15.L1/L2	S11.70.40
S1.65.20	S8.68.20	S11.71.52
S1.74.60	S8.68.80.L1/L2	S11.72.76
S1.76.55		
S1.76.70		
S1.76.75.L1/L2/L3		
S1.76.95.L1/L2		
S1.77.10.L1/L2		
S1.77.24.L1/L2		
S1.81.60		
S1.82.39.L1/L2		

IV.3 Caracterização Petrográfica

Posteriormente à recolha das 29 amostras e antes das mesmas serem serradas, procedeu-se à caracterização macroscópica, com auxílio de uma lupa binocular Olympus SZH10. Numa primeira aproximação foi identificada a mineralogia, as principais estruturas (mineralizadas ou não) e os tipos de alteração mais relevantes. Para melhor identificação de certos minerais, como a scheelite e a apatite, a observação macroscópica foi complementada com recurso à luz ultravioleta (onda curta/onda longa) utilizando o Mineralight (Raytech, Model R5- FLS-2, 230 volts). Desta observação com luz ultravioleta, 14 amostras revelaram minerais fluorescentes, sendo a scheelite o mineral fluorescente predominante. As descrições macroscópicas e o registo fotográfico referentes a cada amostra encontram-se no anexo 1 (1.1, 1.2, 1.3).

Após produção das lâminas delgadas polidas, realizou-se caracterização petrográfica de detalhe (anexo 1). A caracterização incidiu fundamentalmente sobre as associações mineralógicas de Sn, W e Au, porém toda a mineralogia presente nas lâminas delgadas foi identificada e descrita. Adicionalmente foram também caracterizados os principais fenómenos de alteração, as texturas verificadas nos metassedimentos e nas estruturas mineralizadas e as sequências deposicionais. Uma vez que existe elevada diversidade mineralógica de minerais transparentes e opacos, a petrografia foi desempenhada com recurso a microscopia de luz reflectida e luz transmitida, num microscópio Olympus bx60.

IV.4 Química Mineral

Foram escolhidas 15 lâminas delgadas representativas da mineralogia identificada a partir da caracterização petrográfica, para se realizarem as análises de química mineral através da microsonda electrónica (modelo JEOL JXA 8200). Esta etapa foi realizada no Laboratório de Microsonda Electrónica do GeoFCUL. As análises incidiram sobre um conjunto de fases minerais críticas (tabela IV.3) que poderão fornecer informações pertinentes à compreensão dos processos metalogenéticos presentes. O propósito das análises foi efectivamente inferir se as variações composicionais significativas poderão indicar fontes metalíferas locais distintas e de que forma, bem como complementar a identificação mineralógica, auxiliando assim o estudo petrográfico. As condições analíticas utilizadas na microsonda electrónica para a realização das análises foram as seguintes: potencial de aceleração de 15 kV; corrente de emissão de 25 nA; diâmetro de feixe de 3µm (óxidos e electrum) e 5 µm (sulfuretos, tungstatos, silicatos, outros); tempo de contagem 20 segundos; 5 segundos (radiação de fundo); programa de correção ZAF. Os padrões elementares e os limites de detecção utilizados para cada grupo mineral encontram-se no anexo 2 (2.1 e 2.2, respectivamente).

Tabela IV.3- Minerais analisados na microsonda electrónica que serão abordados no capítulo da química mineral (capítulo VI).

Silicatos	Sulfuretos	Óxidos/Tungstatos	Outros
Moscovite	Arsenopirite	Cassiterite	Electrum
Biotite	Pirite	Volframite	Apatite
Clorite	Pirrotite	Scheelite	Estanite
Turmalina	Galena	Rútilo	
Titanite	Esfalerite	Ilmenite	
Granada	Greenockite		

V. Síntese Petrográfica

Com base nas descrições macroscópicas e microscópicas de detalhe das amostras dos testemunhos de sondagem, reconheceram-se diferentes metassedimentos e veios mineralizados e não mineralizados. Diferenciaram-se diversos tipos de veios cuja relação cronológica na maioria das vezes foi difícil estabelecer, uma vez que os veios não se intersectam. Por falta de orientação dos testemunhos, a inclinação e a direcção dos veios não foram abordadas. A scheelite foi identificada, com o auxílio de luz ultra-violeta, em quinze amostras de testemunhos de sondagem (amostra de mão) e observada em apenas dez lâminas delgadas polidas (LDP). Apesar da cassiterite e volframite serem de difícil observação em amostra de mão, devido às reduzidas dimensões dos grãos, foram identificadas, ao microscópio, em onze e três LDP, respectivamente. Com base nos principais estilos de alteração hidrotermal produzidos nas rochas encaixantes e na mineralogia/tipologia de veios, as amostras foram agrupadas em diferentes categorias de maneira a facilitar a sua classificação (tabela V.1). Diversas amostras contemplam mais do que um estilo de alteração hidrotermal imposto nas rochas encaixantes, o que poderá ter contribuído para a (re)concentração e enriquecimento metalífero, que diz respeito às mineralizações.

As principais rochas encaixantes da área de estudo, que hospedam as mineralizações de W-Sn, correspondem essencialmente a intercalações de xistos (com alternância de níveis pelíticos com/sem matéria orgânica e níveis psamíticos) e grauvaques, representativos do CXG. Os níveis pelíticos do xisto são caracterizados por uma matriz lepidoblástica, de granularidade fina, composta fundamentalmente por filossilicatos (sericite ± moscovite ± biotite), quartzo, matéria orgânica, sulfuretos (pirite, calcopirite, pirrotite, marcassite, arsenopirite, esfalerite) e minerais acessórios como rútilo, turmalina, clorite, fosfatos, carbonatos, feldspato e zircão. Os níveis psamíticos do xisto, constituídos maioritariamente por quartzo, moscovite ± biotite e sulfuretos (pirite ± esfalerite),

apresentam uma matriz granoblástica cujos cristais, sem qualquer orientação preferencial, revelam maiores dimensões relativamente aos níveis pelíticos.

*Tabela V.1- Principais veios mineralizados, não mineralizados e estilos de alteração hidrotermal impostos nas rochas encaixantes, identificados nas amostras estudadas. 1-Veios de quartzo com scheelite; 2- Veios de quartzo com sulfuretos; 3- Veios de quartzo com apatite; 4- Veios de quartzo com cassiterite; 5- Veios de quartzo; 6- Veios de quartzo com filossilicatos; 7- Veios de quartzo com clorite; 8- Veios de quartzo com turmalina; *Amostras que correspondem a mais do que uma categoria.*

Veios com mineralização W-Sn	Veios sem mineralização W-Sn	Encaixante com mineralização em W-Sn			Encaixante com mineralização em Au/Ag
		Níveis pelíticos		Níveis psamíticos	Níveis xisto negro
		Xisto com Turmalinização	Xisto com Cloritização	Xisto com Silicificação	Xisto com Sulfidização
S1.23.38 ^{1,2}	S1.23.38 ⁶	S1.76.55	S8.34.80	S1.23.38	S1.36.80
S1.36.80 ^{1,2}	S1.76.55 ⁶	S1.76.75	S8.35.75	S1.23.90	S1.37.70
S1.37.70 ²	S1.76.75 ⁵	S1.76.95	S8.38.80	S1.25.00	S1.65.20
S1.65.20 ^{1,3}	S1.76.95 ⁸	S1.77.10	S8.44.15	S8.34.53	S1.74.60
S1.76.55 ²	S1.77.10 ⁵	S1.77.24	S8.68.20	S11.22.00	S11.12.35
S1.76.70 ^{2,3}	S1.77.24 ⁵	S1.81.60	S8.68.80	S11.46.85*	
S1.76.75 ^{2,3}	S1.81.60 ⁵	S1.82.39	S11.46.85*		
S1.76.95 ^{2,3}	S1.82.39 ⁵	S11.66.97*	S11.66.97*		
S1.77.10 ²	S8.44.15 ⁷	S11.70.40	S11.72.76		
S1.77.24 ²	S8.68.20 ⁶	S11.71.52			
S1.81.60 ^{1,2}	S8.68.80 ⁶				
S1.82.39 ^{1,2}	S11.12.35 ^{6,7}				
S8.34.80 ²	S11.46.85 ^{6,7}				
S8.44.15 ^{1,2}	S11.71.52 ⁵				
S8.68.20 ^{1,2}					
S8.68.80 ^{2,3}					
S11.12.35 ²					
S11.22.00 ²					
S11.46.85 ¹					
S11.66.97 ^{1,2,4}					
S11.70.40 ²					
S11.72.76 ^{1,2}					

V.1 Rochas encaixantes com mineralização em Au/Ag

V.1.1 Xistos negros

Neste subcapítulo serão abordados com maior detalhe os níveis pelíticos com predominância de matéria orgânica e, portanto, classificados como xistos negros (figura V.1). Os níveis pelíticos são compostos maioritariamente por filossilicatos (essencialmente sericite), turmalina, rútilo e sulfuretos. Os sulfuretos mais abundantes são a pirite e a arsenopirite, observando-se pelo menos duas gerações. A 1ª geração de pirite é definida por cristais anédricos porosos de pequenas dimensões e a 2ª geração por cristais euédricos recristalizados com dimensões que atingem até cerca de 2 cm (figura V.2- A e B). Não raramente observam-se cristais de pirite, de segunda geração, a serem pseudomorfizados por marcassite e pirrotite, o que poderá representar variações na fugacidade do enxofre e do oxigénio (figura V.2- D). A arsenopirite ocorre em cristais euédricos de grandes dimensões e/ou em *clusters* de arsenopirites aciculares de pequenas dimensões. A covelite e a calcopirite ocorrem frequentemente associadas mas em menor abundância. Ocasionalmente, a calcopirite denota uma textura em zebra representada por bornite (figura V.2- F). Verificam-se regularmente inclusões de pirite na pirrotite e na arsenopirite, assim como inclusões de arsenopirite na pirite e pirrotite e, ainda, inclusões de pirrotite na pirite e na arsenopirite, o que sugere a co-precipitação e contemporaneidade destas três fases

minerais (figura V.2- F). Embora a presença de mineralização em Au/Ag não seja recorrente nas amostras estudadas, foi identificado electrum, de dimensões bastante reduzidas, numa amostra da sondagem S1, correspondente ao intervalo de xistos negros (S1.37.70.L1), incluso em fraturas na arsenopirite e, mais raramente, disseminado nos metassedimentos, associado às arsenopirites e pirites (figura V.2- E). Nos níveis mais psamíticos verificam-se, pelo menos, duas fases de deformação a micro-escala, evidenciadas pela foliação (S1) e clivagem de crenulação (S2), as quais são bem marcadas nas rochas encaixantes por rútilo e material grafitoso, que se distribuem dispersamente sob a forma de laivos e aparentam ser contemporâneos ao dobramento regional. Em diversas amostras o tectonismo à escala local ocorre patente nos metassedimentos, evidenciado por pequenas falhas principais e subsidiárias, figuras sigmóides e vergências (figura V.2- C).

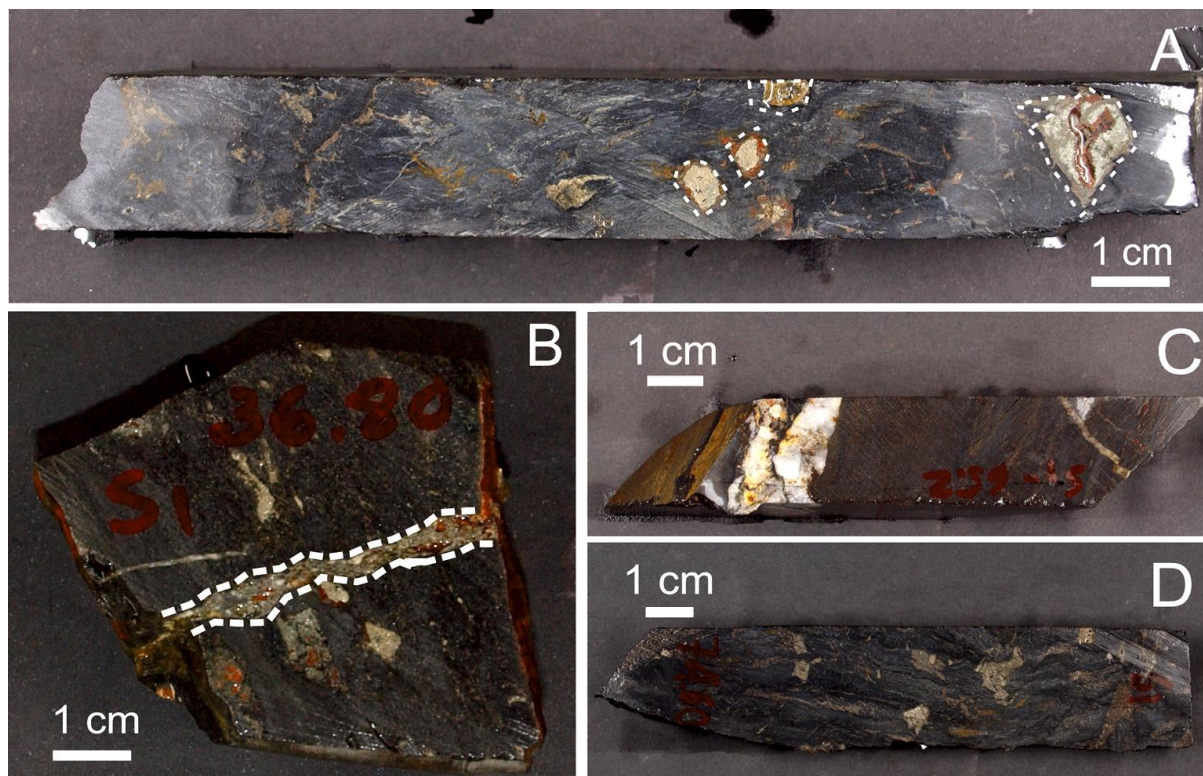


Figura V.1- A- Xisto negro, com porfiroblastos euédricos de pirite que foram digeridos por óxidos de ferro nos bordos e no núcleo (no grão maior) e a serem pseudomorfizados para pirrotite (evidenciado pelas linhas brancas a tracejado); B- Xisto negro intersectado por um veio composto por quartzo leitoso, pirite/calcopirite, scheelite e áreas bastante oxidadas; C- Xisto negro intersectado por um veio constituído por quartzo, pirite/ pirrotite e scheelite; D- Intercalação de níveis pelíticos enriquecidos em matéria orgânica e níveis psamíticos, e sulfuretos oxidados disseminados. Correspondência das amostras: A (S1.37.70); B (S1.36.80); C (S1.65.20); D (S1.74.60).

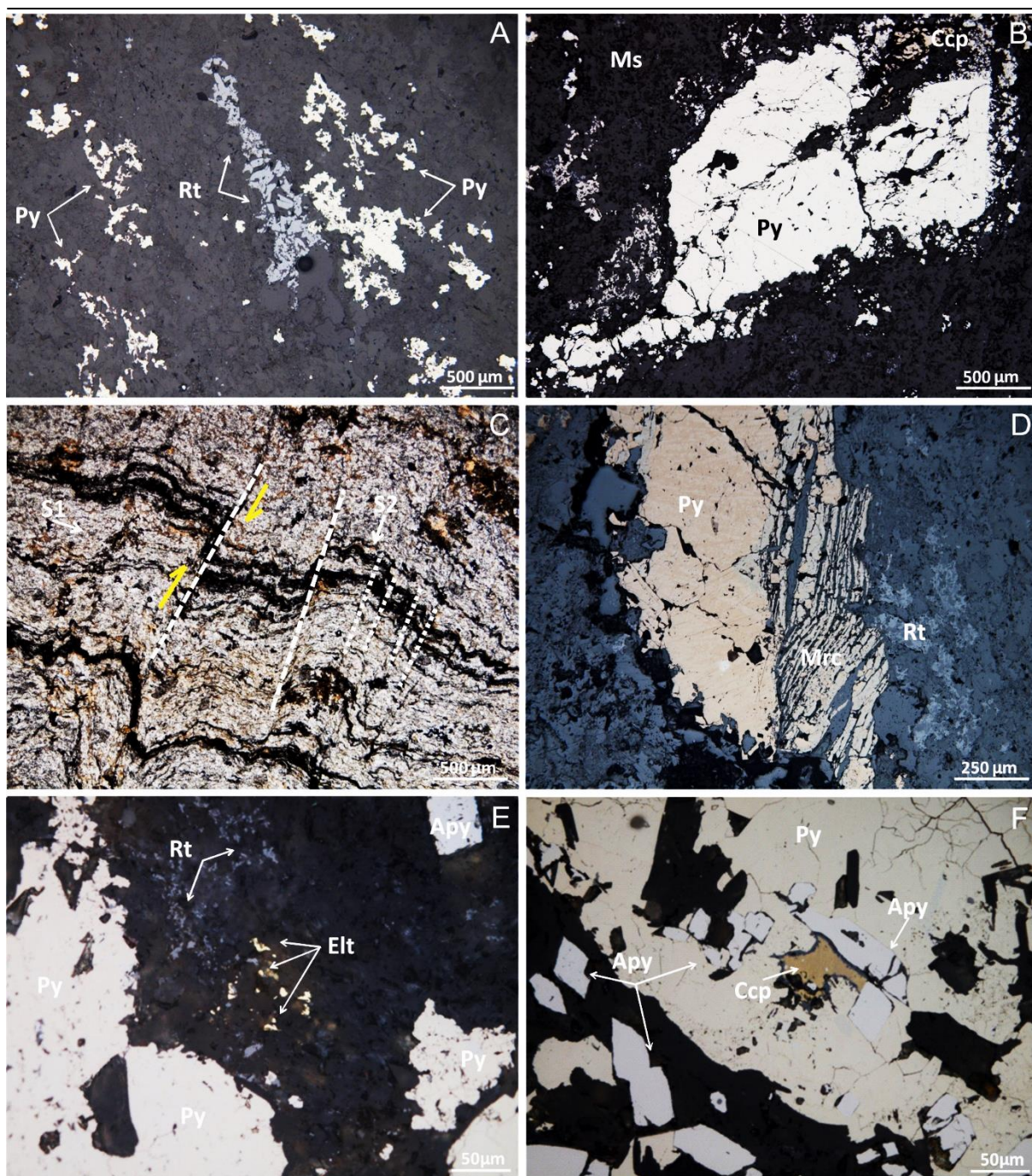


Figura V.2- **A-** Pirite e rútilo disseminados no encaixante, luz refletida simplesmente polarizada (LRSP); **B-** Pirite, no encaixante, com alteração visível nos bordos e calcopirite associada, LRSP; **C-** Encaixante xisto negro, com múltiplos rejeitos (representados a tracejado) e falhas subsidiárias (representados a ponteadado) à escala microscópica, foliação (S1) e clivagem de crenulação (S2) marcada por grafite, luz transmitida simplesmente polarizada (LTSP); **D-** Pirite zonada, a preencher um veio, com texturas de exsolução nos bordos que estão a ser pseudomorfizados para marcassite, LRSP; **E-** Diversos grãos de electrum disseminados no encaixante, pirite relativamente porosa, LRSP; **F-** Associação de pirite, cristais de secções losângicas e tabulares de arsenopirite e calcopirite com covelite nos bordos, LRSP; Correspondência das amostras: **A, B, D** (S1.36.80); **C** (S1.74.60); **E, F** (S1.37.70).

V.2 Rochas encaixantes com mineralização em W-Sn

V.2.1 Encaixante com turmalinização

Na sondagem S1 (76-82 m) e na sondagem S11 (66-72m), foi identificado um evento de alteração hidrotermal materializado por turmalinização intensa imposta nos metassedimentos e nos contactos com os veios de quartzo de maiores dimensões (figura V.3). As turmalinas, observáveis tanto em secções basais como em secções tabulares (figura V.4- D), apresentam zonamentos bem definidos que indicam, no mínimo, duas a três gerações de crescimento do mineral que, provavelmente, corresponderão a eventos temporais distintos (figura V.4- B). Pontualmente identificaram-se inclusões de rútilo nos cristais de turmalina, porém na maioria das observações realizadas às lâminas com turmalinização proeminente, o rútilo aparenta ser posterior às turmalinas (figura V.4- F). Tais observações sugerem, portanto, que o rútilo pré-existente nos metassedimentos, após o evento de turmalinização, tenha sofrido recrystalização, o que é suportado por observações microscópicas. A turmalinização prevalece nos níveis pelíticos do xisto (figura V.4- A), não sendo tão evidente nos veios (figura V.4- C e E). No geral, os cristais de turmalina encontram-se orientados segundo uma direção preferencial, evidenciando a foliação presente nas rochas encaixantes. A turmalinização é frequentemente acompanhada por biotitização e arsenopiritização, a qual é caracterizada por *clusters* de cristais de arsenopirite euédrica de secções tabulares e rômbricas (figura V.4- G). Em menor abundância observa-se, de forma disseminada, pirite, pirrotite, marcassite, galena, ilmenite, esfalerite e apatite. Existem evidências para considerar o evento de turmalinização como anterior ou contemporâneo da fase de deformação, à escala local, exibida nos metassedimentos de Vale Pião, uma vez que os minerais de turmalina acompanham claramente os micro-dobramentos, e anterior aos filonetes tardios preenchidos por quartzo e filossilicatos que intersectam os metassedimentos turmalinizados (figura V.4- H). Associada à turmalinização, foi identificada mineralização em W-Sn sob a forma de scheelite e rara cassiterite. Ambas as fases minerais ocorrem de forma disseminada nos metassedimentos.

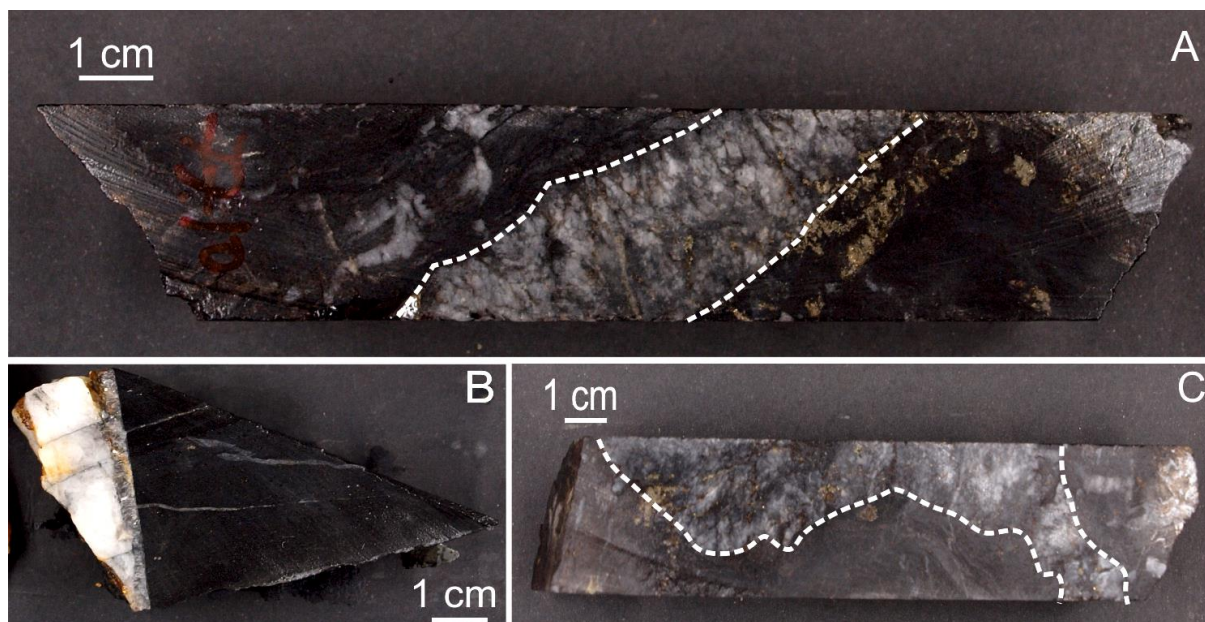


Figura V.3- Amostras correspondentes a xistos com turmalinização; A- Veio tardio (marcado a tracejado) de quartzo leitoso a intersectar a rocha encaixante e arsenopirite e pirite a delimitar o contacto veio-encaixante; B- Contacto delimitado por salbanda micácea entre xisto turmalinizado e veio de quartzo; C- Veio tardio de quartzo e feldspato com sulfuretos disseminados a intersectar a rocha encaixante. Correspondência das amostras: A (S1.77.10); B (S11.71.52); C (S1.77.24).

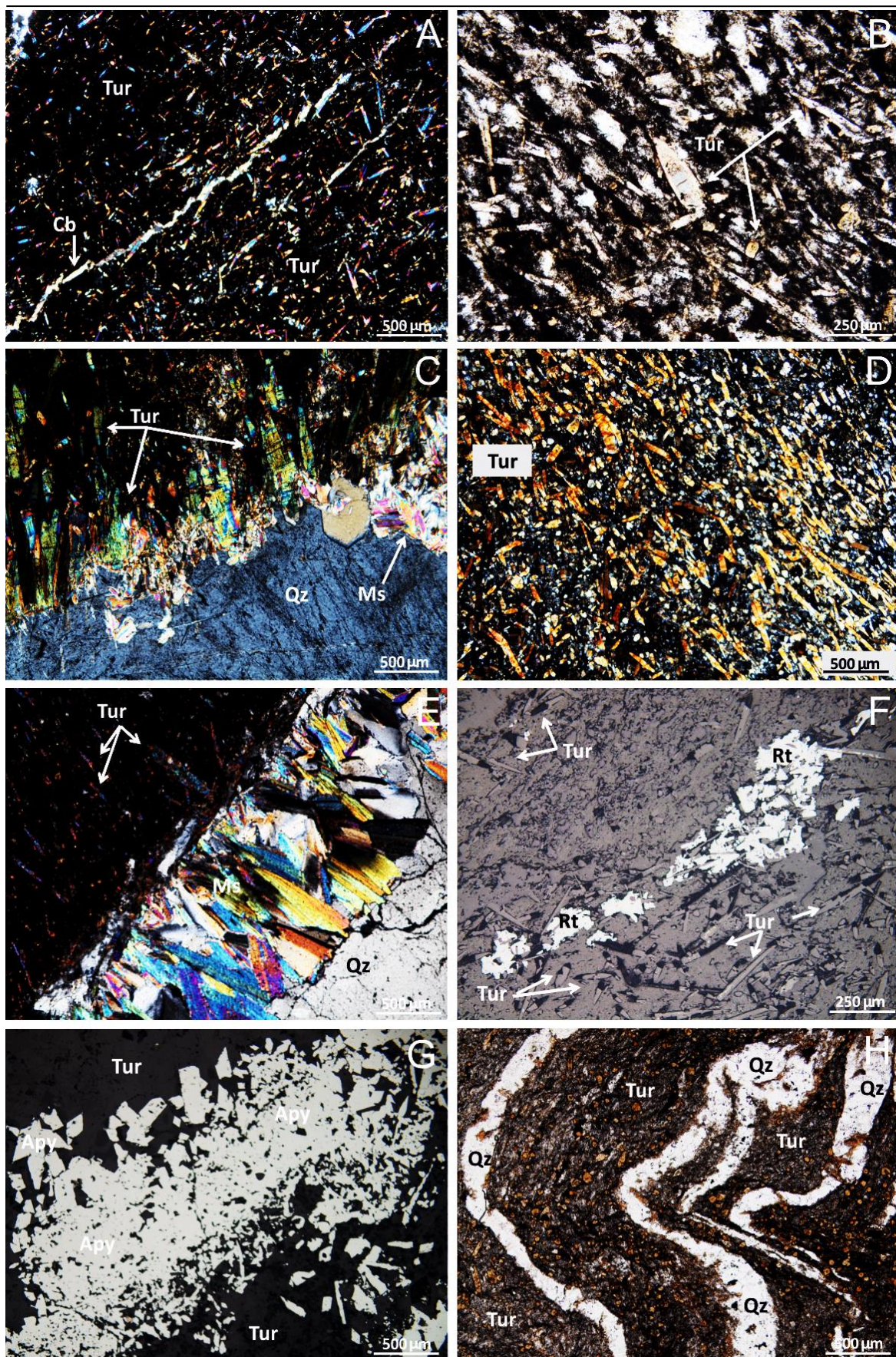


Figura V.4- A- Frente de turmalinização num nível pelítico rico em matéria orgânica, onde se observam diversos cristais tabulares de turmalinas e um alinhamento de turmalinas a serem substituídas por carbonatos, luz transmitida duplamente

polarizada (LTDP); **B**- Diversos cristais de turmalina, no encaixante turmalinizado, que se encontram zonados dos núcleos para os bordos, LTDP; **C**- Contacto entre veio de quartzo mineralizado e encaixante turmalinizado, marcado por uma salbanda de cristais de turmalina zonados de grandes dimensões e filossilicatos, LTDP; **D**- Turmalinização intensa representada por secções basais e tabulares de cristais de turmalina, LTDP; **E**- Contacto entre encaixante turmalinizado e veio de quartzo, delimitado por uma salbanda micácea constituída por grãos de grandes dimensões, LTDP; **F**- Rútulo posterior disseminado no encaixante associado à turmalinização, LRSP; **G**- Turmalinização acompanhada por arsenopiritização, LRSP; **H**- Turmalinização afectada pela deformação evidenciada pelos veios de quartzo, LTSP; Correspondência das amostras: **A, B, C, G** (S1.76.75); **D, F** (S1.76.95); **H** (S1.77.10); **E** (S11.71.52).

V.2.2 Encaixante com cloritização

Na sondagem S8, entre os 34-69 m, e na sondagem S11, entre os 46-73 m, foi identificado um evento de alteração hidrotermal caracterizado pela presença de clorites abundantes e cloritização intensa de moscovites e biotites (figura V.5). Os filossilicatos, uma vez cloritizados, apresentam uma birrefringência anómala. As clorites usualmente denotam uma anisotropia azul forte ou esverdeada (figura V.6- A/B e C/D). A cloritização manifesta-se tanto nos metassedimentos (níveis pelíticos) como nos veios de quartzo (figura V.6- E/F) e é acompanhada por óxidos de Ti, Fe, Sn, raros sulfuretos, scheelite e apatite. No intervalo dos 34.80-38.80 m, da sondagem S8, a cloritização associa-se a outro evento definido por abundância de granadas e cassiterites (figura V.7). No geral, as granadas ocorrem como cristais anédricos e euédricos, de dimensões inferiores a 0.5 cm, bastante fracturadas, com zonamentos bem visíveis e, ocasionalmente, apresentam uma certa anisotropia devido à deformação a que foram sujeitas. Identificaram-se duas gerações de granada (figura V.7- A): a primeira geração, associada às cassiterites, é representada por cristais de granada cloritizada (do núcleo para o bordo dos cristais), onde são visíveis frequentemente inclusões de pequenas dimensões de cassiterite, pirrotite e covelite (figura V.7- E) e cujos cristais possuem uma cor mais acastanhada, com anisotropia azulada e que poderão evoluir para clorite ou epídoto; na segunda geração, os cristais são isótopos, revelam formas euédricas bem definidas, grandes dimensões e recristalização evidente. As cassiterites ocorrem como cristais anédricos, maioritariamente de pequenas dimensões, semi-opacos e exibem elevada birrefringência. De forma esporádica, ocorrem cristais euédricos de cassiterite de grandes dimensões (figura V.7- B).



Figura V.5- Amostras correspondentes ao intervalo de cloritização e enxame de granadas e cassiterites. Correspondência das amostras: **A** (S8.34.80); **B** (S8.38.80).

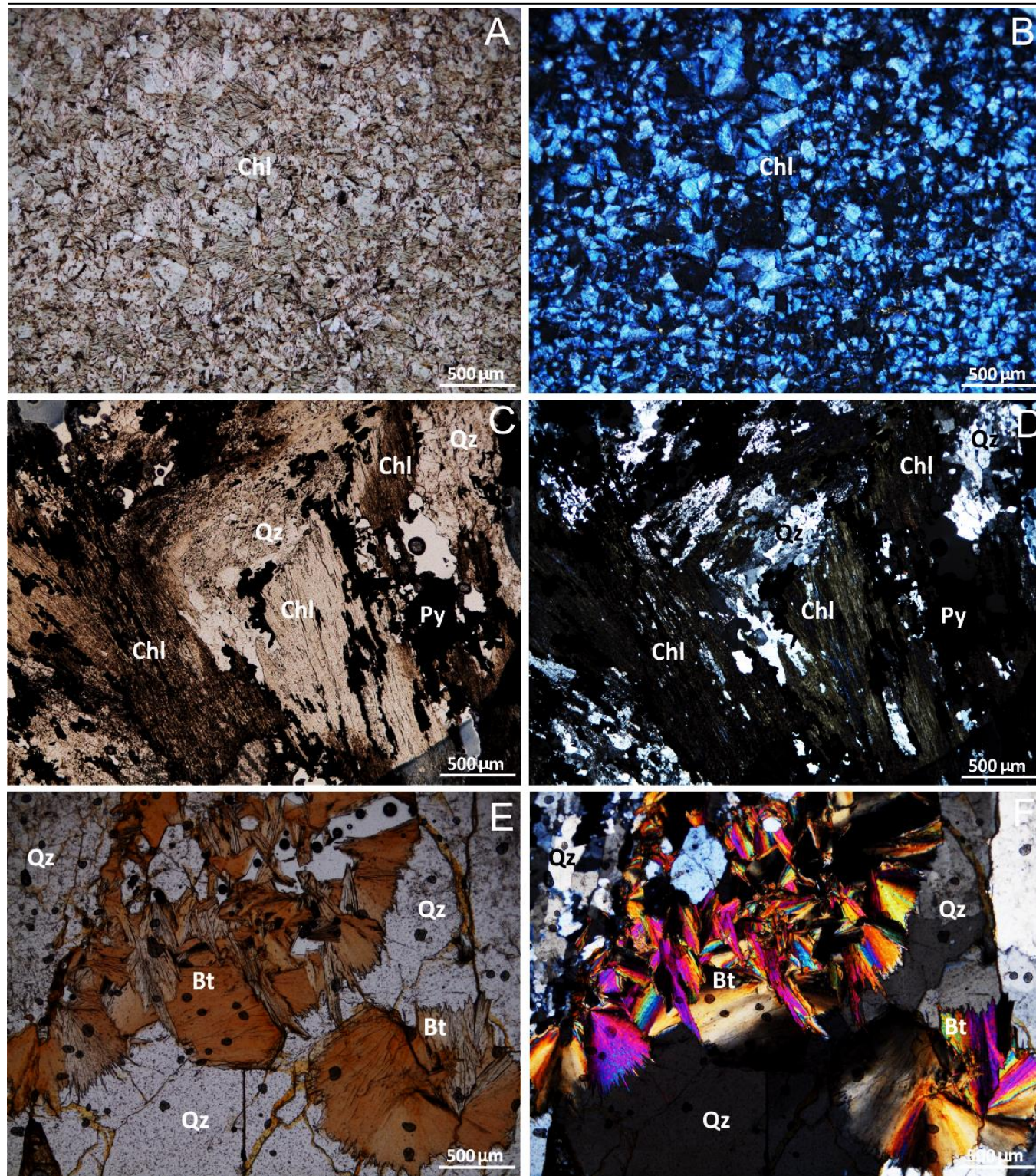


Figura V.6- **A/B**- Aglomerado de clorites de anisotropia azul, LTSP/LTDP; **C/D**- Associação de clorite (anisotropia esverdeada), pirite e quartzo, LTSP/LTDP; **E/F**- Biotites cloritizadas no veio de quartzo, LTSP/LTDP; Correspondência das amostras: **A, B** (S8.38.80); **C, D** (S8.44.15); **E, F** (S8.66.97).

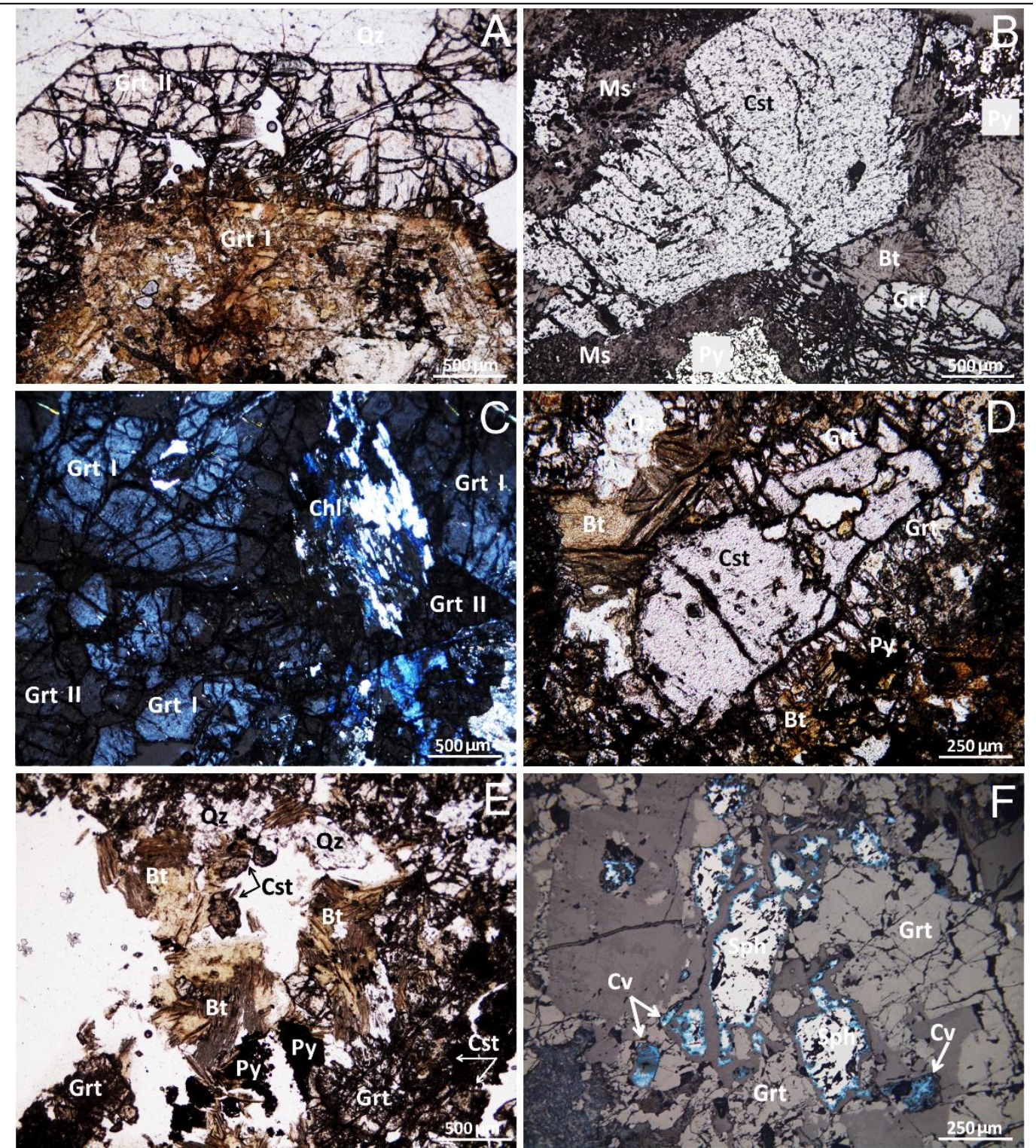


Figura V.7- **A**- Granada de 1ª geração (grão de baixo), acastanhada com zonamentos de diferentes fases de crescimento visíveis e granada de 2ª geração (grão de cima), euédrica, hexagonal e incolor, LTSP; **B**- Associação de cassiterite de grandes dimensões, pirite e granada hexagonal, LRSP; **C**- Associação de granada e mistura entre clorite e quartzo, LTDP; **D**- Cassiterite de grandes dimensões intercrescida com granada nos bordos, filossilicatos e pirite, LTSP; **E**- Biotites cloritizadas, cassiterites disseminadas e inclusas na granada, pirite e quartzo, LTSP; **F**- Associação de granadas e esferite com covelite nos bordos, LRSP; Correspondência das amostras: **A, C** (S8.38.80); **B** (S8.34.80); **D, E, F** (S8.35.75).

V.2.3 Encaixante com silicificação

Os intervalos iniciais das sondagens S1 (23-25 m), S8 (34 m) e S11 (22 m) correspondem aos níveis psamíticos do xisto, os quais são caracterizados pela presença de alteração filítica, traduzida numa associação mineralógica composta fundamentalmente por quartzo \pm moscovite \pm pirite. A alteração filítica conduz a silicificação intensa acompanhada por forte lixiviação das restantes fases minerais existentes nestas rochas encaixantes. Como consequência da lixiviação, as amostras pertencentes a estes intervalos revelam uma textura *vuggy*, definida por pequenas cavidades que, por vezes, podem estar preenchidas por fases minerais variadas (figura V.8). Salienta-se que, embora não tenham sido identificados vestígios de electrum ou minerais portadores de Au nas amostras pertencentes aos intervalos de sondagem acima mencionados, foram obtidos pela EDM, através de análises de geoquímica de rocha total, conteúdos em Au, nomeadamente, 1.69 ppm (aos 24 m), 0.4 ppm (aos 34 m) e 0.05 ppm (aos 22m). É possível que os cristais de electrum ocorram inseridos nas cavidades produzidas pela textura *vuggy*, o que torna extremamente difícil a sua observação e/ou análise. Como fases minerais acessórias nestas rochas identificaram-se carbonato, rútilo, pirrotite e arsenopirite. Pontualmente verifica-se também a presença de mineralização em W-Sn representados por wolframite e cassiterite. A cassiterite presente nos metassedimentos silicificados surge em cristais anédricos de dimensões reduzidas e relevo elevado, disseminados na matriz da rocha e com zonamentos, evidenciando no mínimo duas gerações (figura V.9 B). Pontualmente observam-se nas secções de cassiterite inclusões de sulfuretos, zircão e rútilo, de dimensões muito reduzidas. Já a wolframite caracteriza-se por cristais de grandes dimensões, com zonamentos nos bordos, bastante porosa e, por vezes, com inclusões de pirite, rútilo e óxidos de ferro (figura V.9 A e D). A presença de inclusões de wolframite e cassiterite nas secções de rútilo pode indicar a contemporaneidade destas três fases minerais. O quartzo revela diversas gerações, distinguíveis fundamentalmente pela dimensão dos grãos e pela presença de extinção ondulante. Observa-se, esporadicamente, scheelite e intercrescimentos entre a wolframite e a cassiterite (figura V.9 C).



Figura V.8- Amostras correspondentes ao intervalo de silicificação. Correspondência das amostras: A (S1.23.38); B (S1.23.90); C (S11.22.00).

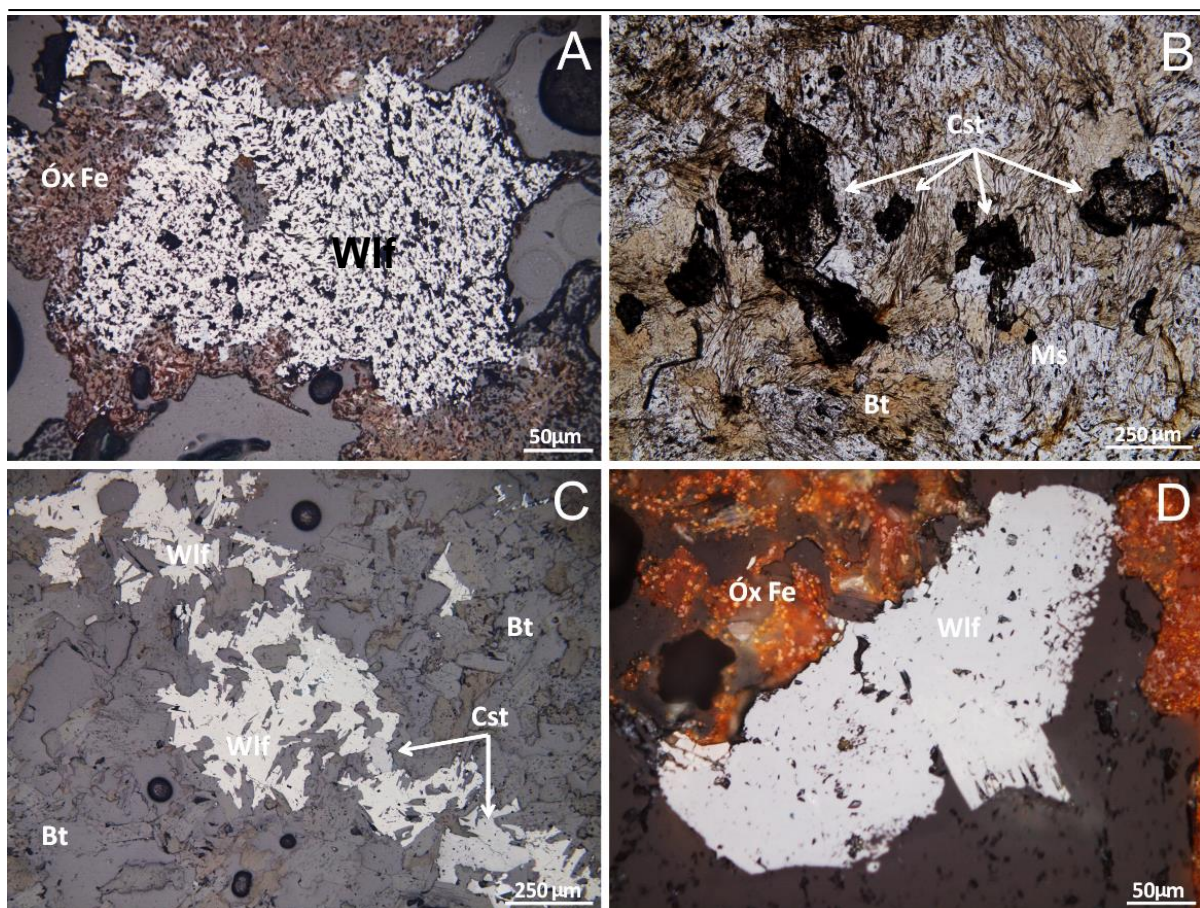


Figura V.9- A- Volframite anédrica e porosa disseminada no encaixante silicificado, LRSP; B- Cassiterites anédricas disseminadas na rocha encaixante composta por quartzo e filossilicatos, LTSP; C- Intercrescimento entre volframite e cassiterite, LRSP; D- Volframite anédrica e óxidos de ferro disseminados na rocha encaixante silicificada, LRSP; Correspondência das amostras: A (S1.23.90); B (S1.25.00); C, D (S11.22.00).

V.3 Veios

Para uma melhor compreensão relativamente à composição mineralógica e cronologia de eventos dos veios que intersectam os metassedimentos de Vale Pião amostrados, foi realizada uma discriminação entre veios de quartzo sem mineralização e veios de quartzo com mineralização. Cada uma destas duas categorias (veios com mineralização e veios sem mineralização) foi ainda subdividida segundo parâmetros como o tipo de mineralização exibida nos veios (presença de cassiterite, volframite, scheelite, apatite e/ou sulfuretos), possança dos veios, presença ou ausência de salbanda micácea, presença ou ausência de veios dobrados e tipo de alteração hidrotermal.

Das 47 LDP descritas, 23 contêm ou representam veios de quartzo. Foram identificadas quatro amostras com a presença de salbanda micácea, sendo que três das amostras pertencem à categoria de veios de quartzo mineralizados e uma à dos veios de quartzo sem mineralização. A presença de scheelite em veios foi reconhecida em dez amostras de mão, cujos cristais apresentam dimensões inferiores a 1 cm. A cassiterite e a apatite apenas foram identificadas em veios em uma e quatro amostras, respectivamente. Não foi observada a presença de volframite e electrum nos veios amostrados.

V.3.1 Veios sem mineralização

Os veios que não apresentam mineralização são constituídos pelas seguintes fases minerais: quartzo, filossilicatos (clorite, moscovite e biotite, por vezes sob a forma de salbanda micácea),

turmalina, feldspato e carbonatos. Os veios mais comuns são constituídos apenas por quartzo ou quartzo e filossilicatos (principalmente biotite), possuem dimensões entre 1-5 mm e, geralmente são os veios mais precoces. O quartzo ocorre em cristais heterogranulares, que variam desde grosseiros a finos e com extinção recta ou ondulante, indicando assim a sua deformação. O contacto entre os diferentes cristais de quartzo é delimitado por linhas de sutura que refletem uma textura em “pente”. As diferentes características identificadas no quartzo revelam a presença de várias gerações. Distinguem-se, assim, três gerações de quartzo: a primeira geração é representada por cristais euédricos de grandes dimensões, que exibem extinção ondulante e contêm bastantes inclusões fluidas; a segunda geração é constituída por cristais de menores dimensões neorformados, sem extinção ondulante e com menor quantidade de inclusões fluidas; na terceira geração verifica-se subgranulação intensa (figura V.10- B). A coexistência de diferentes gerações de quartzo depositadas no mesmo veio traduz crescimento gradual ou recrystalização dos cristais, que se verifica dos bordos para o centro dos veios, o que resulta na abertura polifásica dos veios (figura V.10- F). A maioria dos veios de quartzo é posterior ao evento de turmalinização e anterior à deposição dos sulfuretos do encaixante (figura V.10- A). Frequentemente ocorrem filonetes milimétricos tardios, com bordos pouco rectilíneos, constituídos apenas por quartzo leitoso, que se intersectam entre si e atravessam as rochas encaixantes. Os filossilicatos presentes nos veios ocorrem em cristais de secções basais, com uma direcção de clivagem bem visível. O filossilicato preponderante neste tipo de veios é essencialmente a biotite, que denota um tom acastanhado claro e birrefrangência elevada (figura V.10- D). Mais raramente, os filossilicatos formam uma salbanda micácea no contacto entre os veios de quartzo e o encaixante. Ocasionalmente ocorrem veios de quartzo e turmalina, quartzo e clorite, quartzo e carbonatos e/ou quartzo clorite e turmalina (figura V.10- E). A clorite apresenta cor creme, forte anisotropia esverdeada e grandes dimensões. Verificam-se, também, veios preenchidos apenas por clorite ou carbonatos, que aparentam ser posteriores a todos os outros veios uma vez que os intersectam.

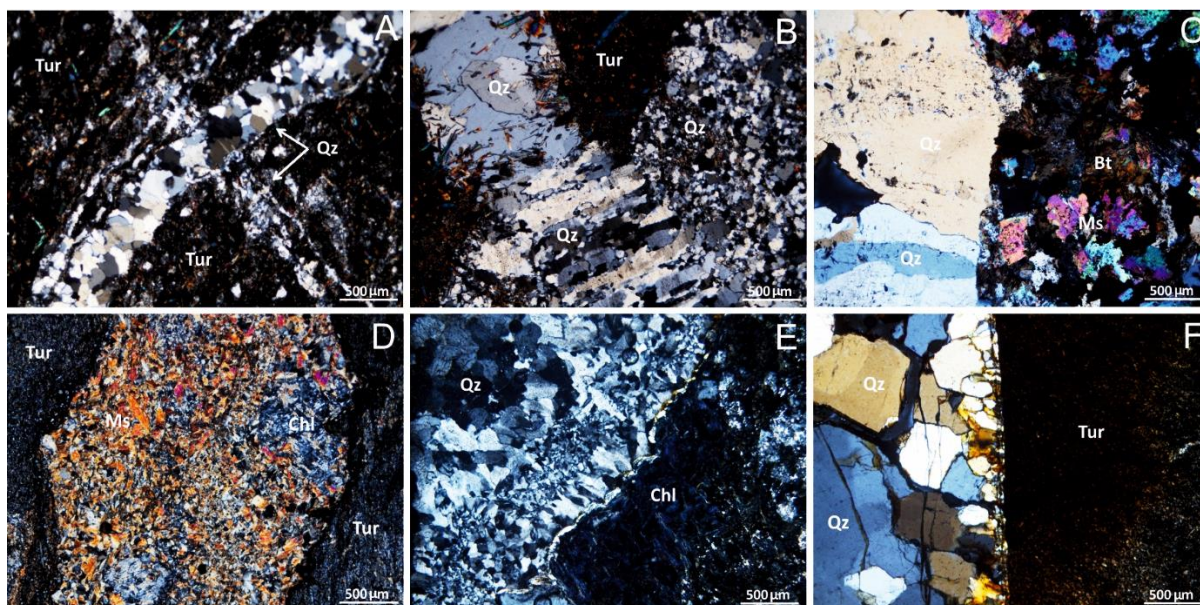


Figura V.10- A- Veios de quartzo de diferentes gerações a intersectarem-se, instalados na rocha encaixante turmalinizada, LTDP; B- Veio de quartzo com três gerações distintas, resultado da abertura polifásica do veio e recrystalização do quartzo presente no veio, LTDP; C- Contacto entre veio de quartzo e a rocha encaixante silicificada, LTDP; D- Veio de filossilicatos (moscovite, biotite, clorite) instalado na rocha encaixante turmalinizada, LTDP; E- Veio constituído, no mínimo, por duas gerações de quartzo que resultaram da abertura polifásica do veio, instalado na rocha encaixante cloritizada, LTDP; F- Contacto rectilíneo entre veio de quartzo e a rocha encaixante turmalinizada, LTDP; Correspondência das amostras: A (S1.76.75); B (S1.76.95); C (S1.23.38); D (S1.82.39); E (S8.44.15); F (S11.66.97).

V.3.2 Veios com mineralização

Com base no tipo de mineralização identificada, os veios podem ser agrupados em: i) veio de quartzo + sulfuretos + scheelite; ii) veio de quartzo + sulfuretos; iii) veio de quartzo + sulfuretos + apatite; iv) veio de quartzo + cassiterite. A volframite não foi identificada em veios, apenas disseminada nas rochas encaixantes.

Os veios que ocorrem mais frequentemente a intersectar as rochas encaixantes são constituídos essencialmente por quartzo, scheelite e sulfuretos e em menores quantidades por filossilicatos, turmalina, apatite e clorite (figura V.11- A a D). Estes veios variam de espessura entre 2 mm e 3 cm e apresentam geralmente bordos rectilíneos. O quartzo habitualmente corresponde a um quartzo leitoso e os sulfuretos mais comuns, por norma bastante oxidados, são a pirite e a pirrotite e, em menores quantidades, calcopirite e esfalerite. A scheelite, identificada maioritariamente em amostra de mão, através de luz ultra-violeta, ocorre em cristais anédricos zonados de relevo elevado, com dimensões que variam até cerca de 1 cm (figura V.13- B). Não raramente as scheelites revelam a presença de inclusões fluidas de tamanhos e morfologias diversificadas, podendo ser bifásicas ou trifásicas e maioritariamente pseudosecundárias.

Os veios constituídos apenas por quartzo e sulfuretos ocorrem também com frequência a intersectar as rochas encaixantes. Estes veios possuem dimensões inferiores a 0,5 mm e os sulfuretos presentes mais comuns correspondem a pirite, arsenopirite e pirrotite, podendo ser também observado, em menores quantidades, calcopirite, esfalerite e galena. A pirite geralmente encontra-se marcassitizada, a pirrotite ocorre substituída por/ou a substituir a pirite e a arsenopirite surge em cristais subédricos de pequenas dimensões (figura V.12). Não raramente identifica-se arsenopirite a preencher microfraturas posteriores que intersectam todos os outros veios. Constata-se que os veios de quartzo e sulfuretos foram sujeitos a deformação dúctil regional, manifestada nos dobramentos bem delimitados dos veios, o que aparentemente indica que correspondem a veios precoces relativamente aos veios mineralizados em scheelite.

Os veios de quartzo com apatite são compostos maioritariamente por sulfuretos (pirite, arsenopirite), turmalina e filossilicatos (figura V.11- E a H). Tanto a turmalina como os filossilicatos ocorrem ocasionalmente sob a forma de salbanda, a qual delimita o contacto entre os veios e as rochas encaixantes. Os filossilicatos (moscovite e biotite) podem também denotar cloritização. A apatite manifesta-se sob a forma de cristais subédricos alongados de grandes dimensões, fraturados e porosos, com inclusões esporádicas de pirite (figura V.13- C). Os veios de quartzo com apatite correspondem provavelmente a um dos tipos de veios mais tardios.

A cassiterite foi identificada apenas num veio tardio composto por quartzo e rara pirite (figura V.13- L). Os cristais de cassiterite possuem grandes dimensões, são euédricos e de cor acastanhada. Por vezes identificam-se cristais de clorite, rútilo e carbonatos disseminados nos diversos tipos de veios mineralizados.

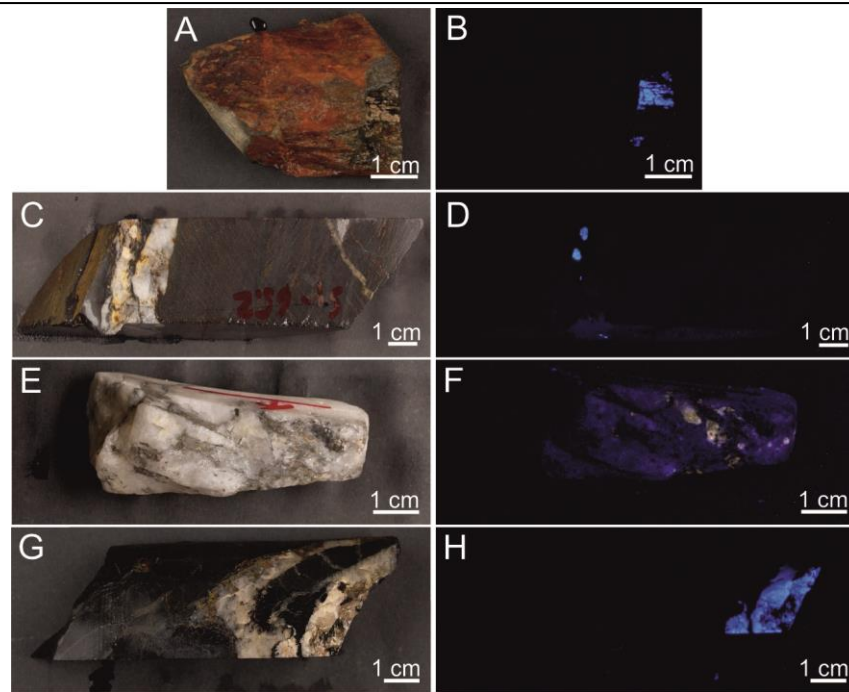


Figura V.11- **A/B**- Xisto negro intersectado por um veio de scheelite e pirite; **C/D**- Xisto negro intersectado por um veio de quartzo leitoso, sulfuretos e dois grãos de scheelite; **E/F**- Filão de quartzo, turmalina, pirite, moscovite e apatite (mineral com fluorescência laranja na figura **F**); **G/H**- Rocha encaixante turmalinizada intersectada por um veio de scheelite; Correspondência das amostras: **A, B** (S1.36.80); **C, D** (S1.65.20); **E, F** (S1.76.70); **G, H** (S1.81.60). As figuras **B, D, F** e **H** foram capturadas sob efeito de luz ultravioleta, sendo que a scheelite revela fluorescência azul e a apatite fluorescência laranja.

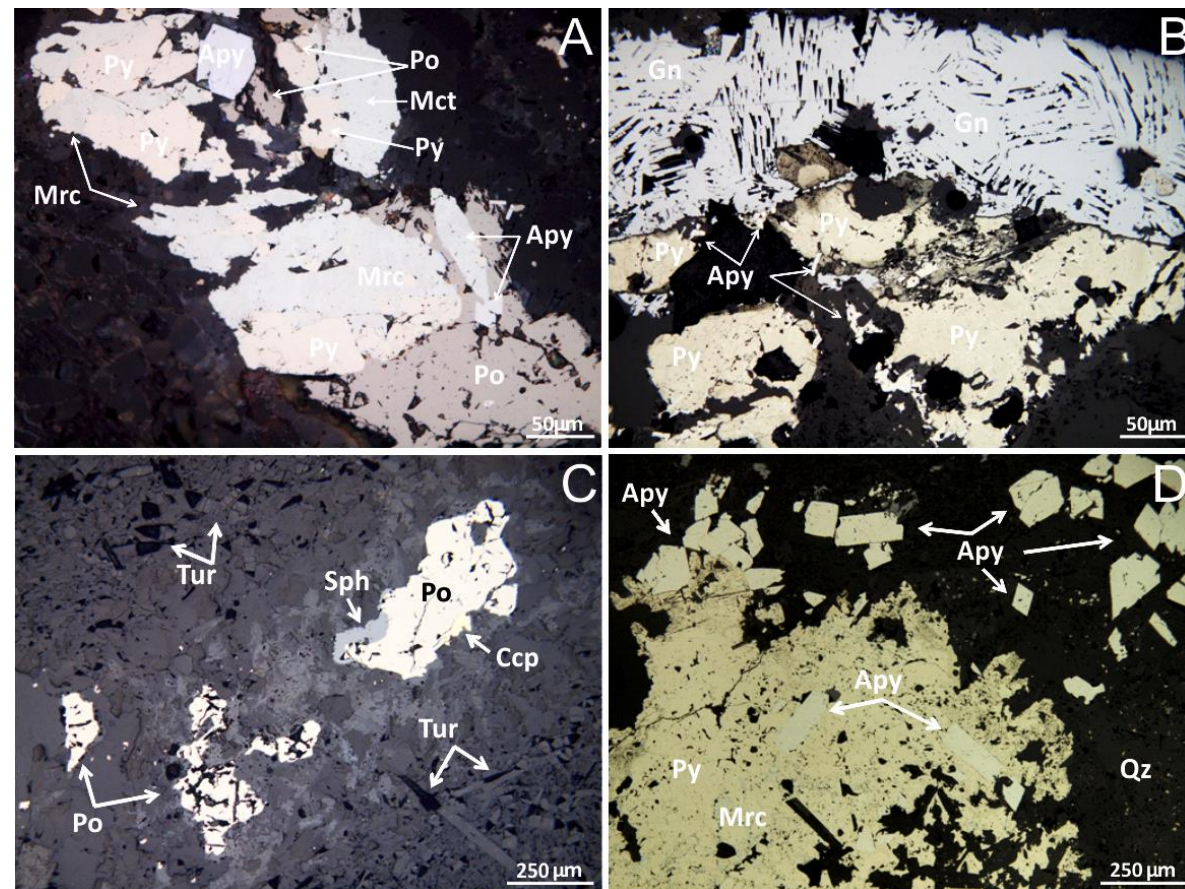


Figura V.12 - **A**- Veio composto pela associação de pirite, marcassite, arsenopirite e pirrotite instalado na rocha encaixante turmalinizada, LRSP; **B**- Veio constituído por galena, pirite e arsenopirite, LRSP; **C**- Veio de quartzo, óxidos de ferro e sulfuretos (pirrotite, calcopirite e

esfalerite) a intersectar a rocha encaixante turmalinizada, LRSP; **D**- Veio preenchido por quartzo, pirite a ser parcialmente substituída por marcassite e com inclusões de arsenopirite e cristais subédricos de arsenopirite, LRSP; Correspondência das amostras: **A, B** (S1.76.55); **C** (S1.76.95); **D** (S1.77.24).

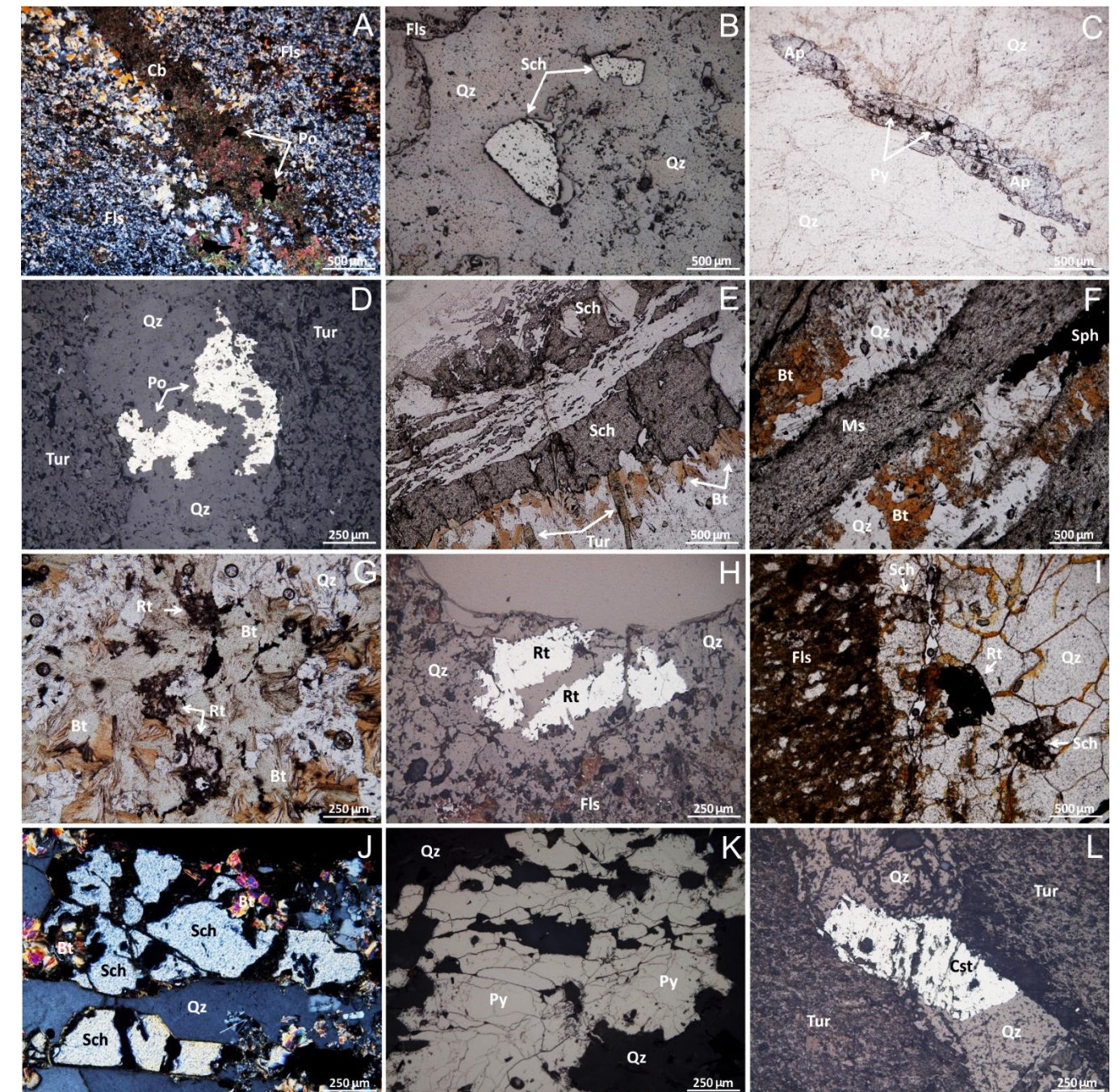


Figura V.13- **A**- Veio tardio de carbonatos e pirrotite inserido na rocha encaixante turmalinizada, LTDP; **B**- Veio de quartzo, scheelite anédrica e raros filossilicatos inserido nos níveis de xisto negro, LRSP; **C**- Veio de quartzo e apatite anédrica com fraturas preenchidas por pirite, LTSP; **D**- Veio de quartzo e duas gerações de pirrotite, instalado na rocha encaixante turmalinizada, LRSP; **E**- Veio de quartzo, scheelite, turmalina e biotite, LTSP; **F**- Veio de quartzo, biotite e esfalerite instalado na rocha encaixante de xisto cloritizado, LTSP; **G**- Veio constituído por quartzo, rútilos anédricos, duas gerações de biotite (uma das gerações encontra-se cloritizada), LTSP; **H**- Veio de quartzo e rútilos de grandes dimensões, instalado nos níveis de xisto negro, LRSP; **I**- Veio de quartzo, scheelite e rútilo, instalado na rocha encaixante silicificada, LTSP; **J**- Veio de quartzo, biotite e scheelite, LTDP; **K**- Veio de quartzo e pirite fraturada, LRSP; **L**- Veio de quartzo e cassiterite instalado na rocha encaixante turmalinizada, LRSP; Correspondência das amostras: **A** (S1.82.39); **B** (S1.65.20); **C** (S1.76.70); **D** (S1.77.24); **E** (S1.81.60); **F** (S8.68.20); **G** (S8.68.80); **H** (S11.12.35); **I** (S11.46.85); **J, K** (S11.72.76); **L** (S11.66.97).

VI. Química Mineral

O estudo da química mineral concorre para a caracterização detalhada da variabilidade composicional das fases minerais preponderantes reconhecidas no estudo petrográfico e para a identificação de fases minerais de dimensão reduzida e, por conseguinte, de difícil observação ao microscópico. No total foram analisadas, através da microsonda electrónica (MSE), 28 espécies minerais distintas, num total de 15 lâminas delgadas representativas das três sondagens em estudo, tendo-se realizado no total cerca de 1170 análises de MSE válidas. Contudo apenas serão discutidas as fases minerais com maior relevância para este estudo, isto é, os minerais portadores de Sn, W, Au, Ag, Zn, Cu, Pb e minerais associados aos mesmos: scheelite, wolframite, cassiterite, rútilo, ilmenite, electrum, arsenopirite, pirite, pirrotite, galena, esfalerite, greenockite, moscovite, biotite, clorite, turmalina, granada, apatite, titanite e estanita. Posteriormente à realização das análises de MSE foram efectuados os cálculos das distribuições catiónicas, assumindo estequiometria, para cada fase mineral. As tabelas correspondentes aos cálculos encontram-se no anexo 2.3 e as tabelas de estatística descritiva relativa a cada mineral no anexo 2.4. Salienta-se que o elemento Zr foi analisado pela MSE porém os valores de Zr obtidos para os tungstatos não são fidedignos, pois são resultado de interferências da MSE com o W. Refere-se também que serão utilizados valores de média e mediana para os dados que apresentem distribuição normal e distribuição assimétrica, respectivamente.

VI.1 Minerais portadores de W-Sn

VI.1.1 Scheelite

A scheelite define-se como um tungstato de cálcio, de fórmula ideal CaWO_4 , que geralmente admite substituições do Ca^{2+} por Sr^{2+} , Pb^{2+} , Ba^{2+} , Mg^{2+} , Fe^{2+} e Mn^{2+} e do W^{6+} por Mo^{6+} , Nb^{5+} , Ta^{5+} e Zr^{4+} . A substituição mais comum ocorre entre o W e o Mo, a qual corresponde à solução sólida entre a scheelite (CaWO_4) e a powellite (CaMoO_4) (Dostal *et al.*, 2009).

A scheelite representa o mineral de W que efectivamente surge com maior frequência, tanto nas rochas encaixantes como nos veios mineralizados. No geral, a scheelite ocorre em cristais anédricos disseminados, os quais aparentam possuir maiores dimensões quando presentes nos veios relativamente às scheelites identificadas nos metassedimentos exibindo, por vezes, zonamentos. Foram realizadas 6 análises a scheelites num veio de quartzo com turmalina e salbanda micácea (veio turmalinizado) e 17 análises a scheelites de um veio cloritizado. Apesar de ter sido identificada scheelite nas rochas encaixantes, não existem análises das mesmas, por impossibilidade técnica, em virtude da sua reduzida dimensão ou mesmo por restrições do número de lâminas a analisar. Os resultados das análises de MSE das scheelites e os respectivos cálculos estequiométricos (na base de 4 oxigénios) encontram-se tabelados no anexo 2.3.1.

As scheelites analisadas são relativamente puras e aproximam-se da composição ideal ($\bar{X}_{\text{WO}_3} = 80 \text{ wt. \%}$; $\bar{X}_{\text{CaO}} = 20 \text{ wt. \%}$), não se observando variações composicionais significativas (tabela VI.1). Todavia, identifica-se sistematicamente um desvio à fórmula ideal (figura VI.1-A) representado pela deficiência em W ($< 1 \text{ a.p.f.u.}$) e excesso em Ca ($> 1 \text{ a.p.f.u.}$) e que poderá corresponder a um erro analítico sistemático. Salienta-se que as scheelites analisadas no veio cloritizado são ligeiramente enriquecidas em Ca ($1.02 - 1.06 \text{ a.p.f.u.}$) relativamente às scheelites presentes no veio constituído por turmalina e salbanda micácea ($\text{Ca}_{1.00-1.03} \text{ a.p.f.u.}$; figura VI.1-A). Apesar de todas as scheelites analisadas conterem valores traço de Nb ($\bar{X} = 407 \text{ ppm}$; figura VI.1-C), Fe ($\bar{X} = 181 \text{ ppm}$; figura VI.1-B), Mn ($\bar{X} = 93 \text{ ppm}$) e Mo ($\bar{X} = 191 \text{ ppm}$; figura VI.1-D), os valores mais elevados foram fundamentalmente registados nas scheelites do veio cloritizado (centro e bordo). Os valores obtidos para as scheelites do veio turmalinizado encontram-se sistematicamente abaixo do limite de detecção.

Tabela VI.1- Análises representativas de scheelites analisadas em diversos veios mineralizados. Na tabela apenas se encontram os elementos mais relevantes para o estudo. Lâminas correspondentes: 1-4 - S8.44.15 (Veio Cloritizado); 5 e 6- S1.81.60 (Veio Turmalinizado).

wt. %	Veio cloritizado				Veio turmalinizado	
	1	2	3	4	5	6
CaO	20.51	20.28	20.15	20.26	20.22	20.11
FeO	0.03	0.05	0.02	0.03	0.00	0.02
MnO	0.07	0.01	0.00	0.00	0.03	0.03
WO ₃	78.13	79.55	80.13	79.11	80.50	79.73
Nb ₂ O ₅	0.08	0.03	0.10	0.08	0.06	0.17
MoO ₃	0.01	0.00	0.03	0.03	0.00	0.02
Total	99.38	100.47	100.58	99.82	101.58	100.56
<i>a.p.f.u.</i>						
Ca	1.052	1.032	1.025	1.037	1.018	1.022
Fe	0.001	0.002	0.001	0.001	0.000	0.001
Mn	0.003	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001
Posição Ca	1.056	1.035	1.026	1.038	1.019	1.024
W	0.969	0.980	0.986	0.980	0.980	0.981
Nb	0.002	0.001	0.002	0.002	0.001	0.004
Mo	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000
Posição W	0.980	0.980	0.989	0.983	0.981	0.994

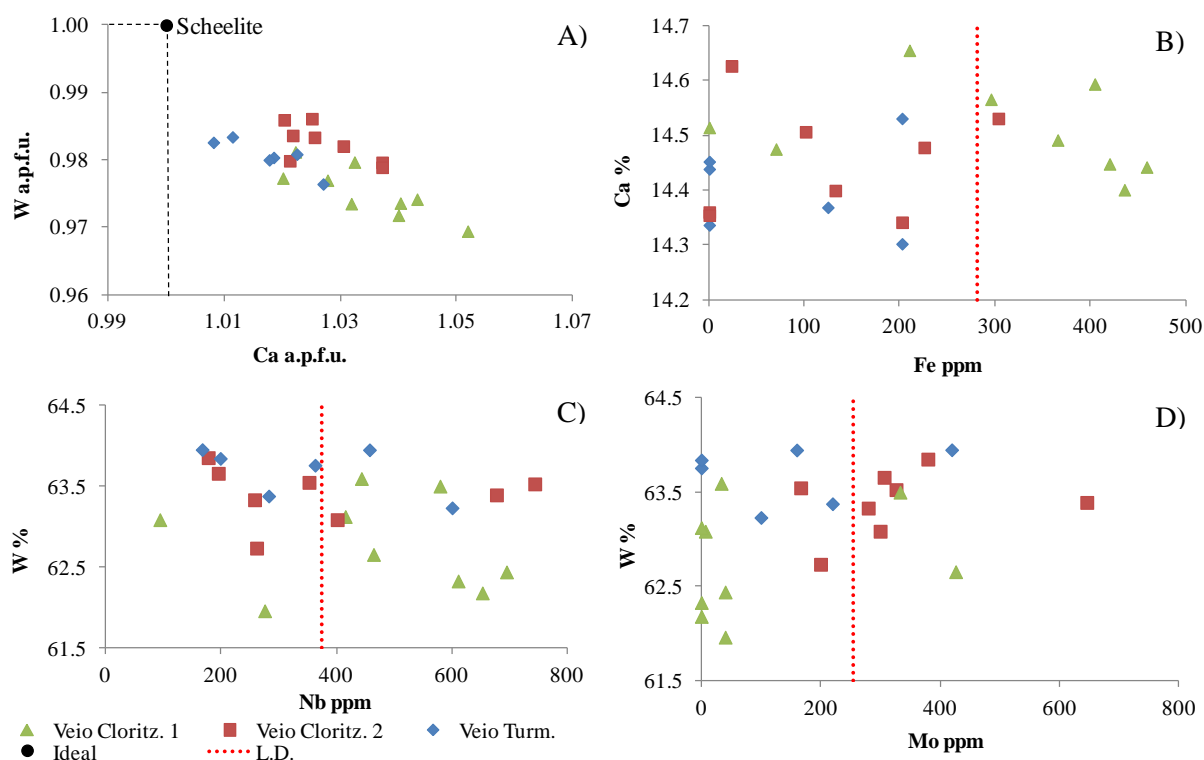
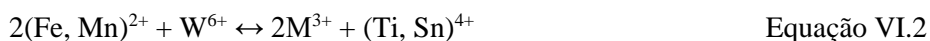
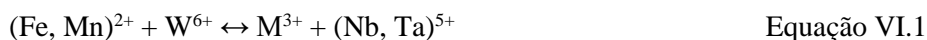


Figura VI.1- Distribuição das proporções atômicas (A) Ca vs. W, (B) Fe vs. Ca, (C) Nb vs. W, (D) Mo vs. W, do total de scheelites analisadas. As análises foram agrupadas de acordo com o contexto textural em: scheelites no bordo do veio de clorite e sulfuretos (Veio Cloritiz. 1); scheelites no centro do veio de clorite e sulfuretos (Veio Cloritiz. 2); scheelites no veio de turmalina e salbanda micácea (Veio Turm.). L.D. – Limite de detecção.

VI.1.2 Volframite

A volframite é um tungstato de fórmula geral AWO_4 correspondendo, vulgarmente, à solução sólida entre os termos ferberite ($Fe^{2+}WO_4$) e hubnerite ($Mn^{2+}WO_4$). Cátions divalentes, como o Mg, Zn, Co, Ni e Cd, podem substituir directamente o Fe^{2+} e o Mn^{2+} , na posição A, através de substituições simples. O tungsténio ocorre no estado hexavalente, em coordenação octaédrica, podendo ser

substituído por HFSE (*high field strength elements*) como Mo^{6+} , Nb^{5+} , Ta^{5+} , Sn^{4+} e Ti^{4+} . Os cátions pentavalentes (Nb^{5+} , Ta^{5+}) substituem o W através de uma substituição acoplada com cátions trivalentes na posição A (equação VI.1), onde $\text{M} = \text{Fe}^{3+}$, Sc^{3+} , In^{3+} , Y^{3+} , REE^{3+} (Goldmann *et al.*, 2013); enquanto os cátions tetravalentes (Sn^{4+} , Ti^{4+}) substituem o W por substituição acoplada com a posição A de acordo com a equação VI.2.



Apenas foi identificada volframite nos metassedimentos correspondentes ao intervalo de silicificação intensa, não tendo sido identificada volframite em nenhum tipo de veio estudado. A volframite apresenta-se bastante porosa, quer isolada quer em associação com cassiterite (figura VI.2). Foram realizadas cerca de 40 análises de MSE. O resultado das análises e os respectivos cálculos estequiométricos (na base de 4 oxigénios) encontram-se tabelados no anexo 2.3.2.

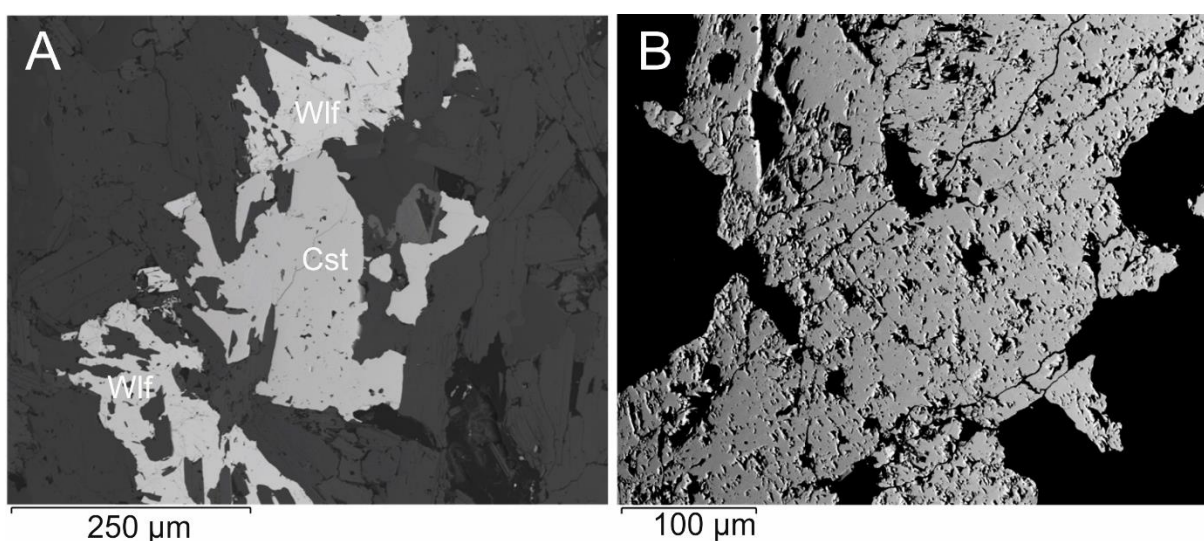


Figura VI.2 A- Volframite intercrescida com cassiterite (lâmina S11.22.00); B- Volframite bastante fraturada e porosa (lâmina S1.23.90.L1); Imagens de electrões retrodifundidos.

As volframites analisadas caracterizam-se essencialmente como ferberites ($\text{Fe} > 0.50 \text{ a.p.f.u.}$), porém algumas análises apresentam uma componente hubnerítica que pode atingir os 30 % (Mn até 0.297 a.p.f.u. ; tabela VI.2). As volframites mostram um desvio à estequiometria, com deficiência em W ($< 1 \text{ a.p.f.u.}$) e excesso na posição A ($\text{Fe} + \text{Mn} > 1 \text{ a.p.f.u.}$), o que, tal como nas scheelites analisadas, corresponde muito provavelmente a um erro analítico sistemático (figura VI.3-A). Salienta-se que as volframites que exibem maior conteúdo em Fe possuem inclusões de pirite de dimensões muito reduzidas, o que poderá contribuir para o aumento do Fe. Entre os elementos principais que constituem a volframite e as substituições de elementos traço mais comuns (Nb , Ta , Ti , Sn , Mg), observa-se claramente a existência de duas populações distintas de volframite (figura VI.3). A correlação negativa entre o Fe e Mn mostra a solução sólida existente entre a ferberite e a hubnerite (figura VI.3-B). As volframites que ocorrem isoladas apresentam maior componente hubnerítica ($\text{Mn}_{0.19-0.30} \text{ a.p.f.u.}$). Por outro lado, as volframites associadas à cassiterite são geralmente mais ferberíticas, mas pontualmente apresentam um desvio hubnerítico semelhante às volframites isoladas, não se observando, contudo, qualquer tipo de zonamento ou diferença intracristalina. Na posição idealmente ocupada por Fe^{2+} Mn existem valores traço de Zn ($\bar{X} = 0.003 \text{ a.p.f.u.}$) e na posição do W valores traço de Nb, Ta, Ti, Sn, P e Al. Destes, o Nb e Ta, ainda que sejam quase insignificantes,

correspondem aos elementos que revelam maior expressão ($\bar{X}_{Nb+Ta} = 0.006$ a.p.f.u.) e que são constantes em todas as volframites analisadas (figura VI.3-C). Ao invés, o Ti e o Sn, quando presentes, são desprezáveis ($\bar{X}_{Sn+Ti} = 0.0002$ a.p.f.u.; figura VI.3-D).

Tabela VI.2- Análises representativas de volframites analisadas nas rochas encaixantes mineralizadas, estando apenas representados os elementos mais relevantes para o estudo. Lâminas correspondentes: 1-3 - S1.23.90.L2 (Volframite isolada); 4-6 - S11.22.00 (Volframite intercrescida com cassiterite).

wt. %	Volframite isolada			Volframite intecrescida c/ cassiterite		
	1	2	3	4	5	6
WO ₃	76.24	75.80	76.18	74.03	74.68	74.92
Nb ₂ O ₅	0.13	0.20	0.17	0.33	0.21	0.18
Ta ₂ O ₅	0.00	0.00	0.00	0.12	0.11	0.00
FeO	16.82	18.19	18.48	23.22	18.13	20.02
MnO	7.03	5.82	4.93	1.40	6.10	4.08
MgO	0.17	0.09	0.11	0.03	0.07	0.11
Total	100.39	100.50	99.87	99.26	100.25	100.01
a.p.f.u.						
W	0.986	0.984	0.986	0.970	0.970	0.978
Nb	0.003	0.004	0.004	0.008	0.005	0.004
Ta	0.000	0.000	0.000	0.002	0.001	0.000
Posição W	0.989	0.988	0.990	0.983	0.987	0.984
Fe	0.702	0.762	0.772	0.982	0.760	0.843
Mn	0.297	0.247	0.209	0.060	0.259	0.174
Mg	0.013	0.007	0.008	0.002	0.005	0.008
Posição Fe	1.012	1.015	0.989	1.043	1.024	1.025

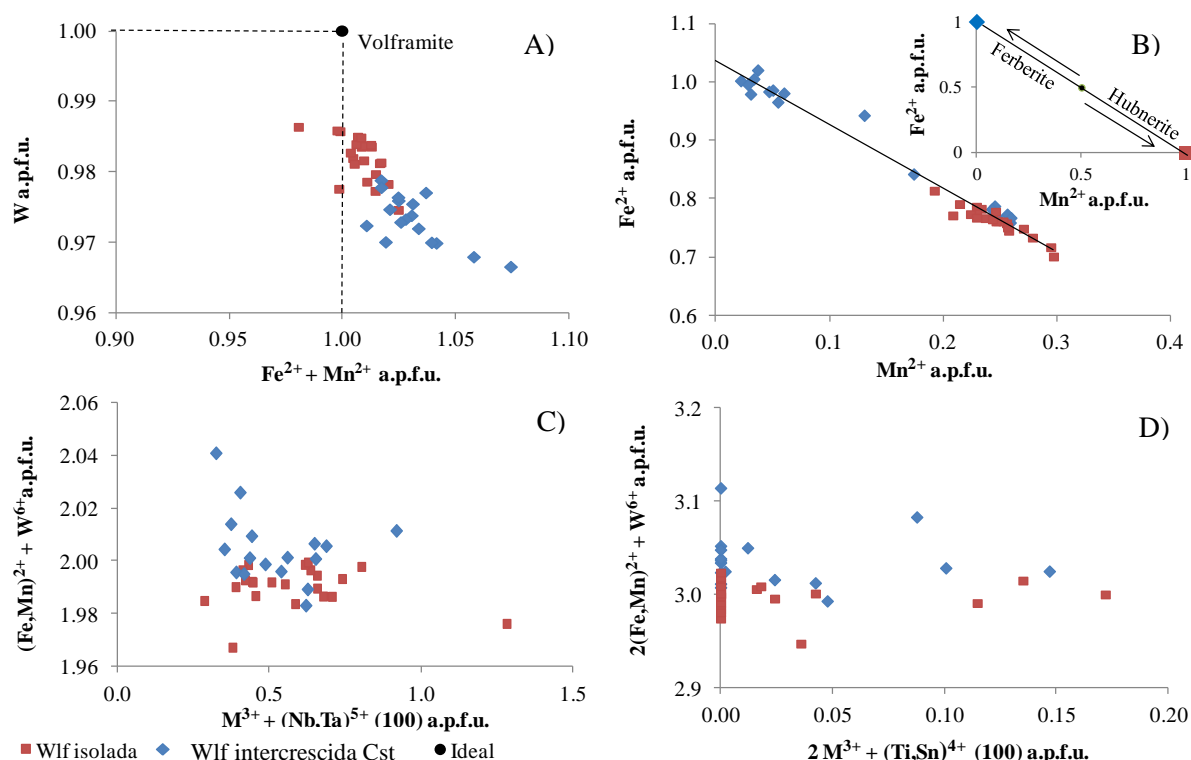


Figura VI.3- A) Distribuição das proporções atômicas (Fe+Mn vs. W), em a.p.f.u., do total de volframites analisadas; B), C) e D) Projecção das principais substituições que ocorrem na estrutura das volframites analisadas. Na figura (B) o gráfico pequeno (no extremo direito superior) representa os campos da componente hubnerítica e da componente ferberítica. As análises foram agrupadas de acordo com o contexto textural em: volframites que ocorrem isoladas e disseminadas (Wlf isolada); volframites associadas a cassiterites (Wlf intercrescida com Cst).

VI.1.3 Cassiterite

A cassiterite define-se como um óxido de estanho, expresso pela fórmula geral XO_2 , cuja posição X é preenchida maioritariamente por Sn, porém pode incorporar, na mesma posição, elementos traço como Ta, Nb, Fe, Mn, Ti e W, e também conteúdos de Zr, Mo, As, Sb, Zn e In. A cassiterite representa o principal mineral de estanho e foi identificada em diversas amostras. No geral, as cassiterites identificadas nas rochas encaixantes apresentam cristais anédricos de dimensões reduzidas, com zonamentos composicionais e ocorrem frequentemente associadas a volframites (nas rochas encaixantes silicificadas mineralizadas), enquanto as cassiterites identificadas nos veios exibem cristais euédricos de grandes dimensões, associados e/ou inclusos em granadas. Foram realizadas cerca de 93 análises de MSE a cassiterites das diversas estruturas mineralizadas. As análises realizadas e os respectivos cálculos estequiométricos, efectuados na base de dois oxigénios, encontram-se tabelados no anexo 2.3.3. As análises foram agrupadas de acordo com o contexto textural em (tabela VI.3; figura VI.4): cassiterites disseminadas nas rochas encaixantes silicificadas (Encaix. silicificado); cassiterites associadas às volframites presentes nas rochas encaixantes silicificadas (Encaix. silicificado (Wlf.)); e cassiterites dos veios com granada (Veio granada).

Tabela VI.3- Análises representativas de cassiterites analisadas nos veios e metassedimentos mineralizados, estando apenas representados os elementos mais relevantes para o estudo. Lâminas correspondentes: 1, 2- S1.25.00; 3, 4- S8.34.80; 5, 6- S11.22.00.

wt. %	Encaix. silicificado		Veio granada		Encaix. silicificado (Wlf)	
	1	2	3	4	5	6
SnO₂	99.29	99.84	98.44	99.87	98.49	99.87
TiO ₂	0.13	0.00	1.69	0.06	0.86	0.48
FeO	0.36	0.04	0.18	0.00	0.05	0.00
WO ₃	0.42	0.05	0.03	0.00	0.00	0.16
ZnO	0.00	0.00	0.10	0.00	0.08	0.00
Ta ₂ O ₅	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.16
Nb ₂ O ₅	0.00	0.00	0.05	0.00	0.00	0.02
MnO	0.03	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00
Total	100.90	100.28	100.74	100.11	99.69	100.94
<i>a.p.f.u.</i>						
Sn	0.977	0.995	0.962	0.997	0.979	0.985
Ti	0.002	0.000	0.031	0.001	0.016	0.009
Fe	0.007	0.001	0.004	0.000	0.001	0.000
W	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001
Zn	0.000	0.000	0.002	0.000	0.003	0.000
Ta	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001
Nb	0.000	0.000	0.001	0.000	0.002	0.000
Mn	0.001	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000
Posição Sn	0.987	0.996	0.998	0.998	0.998	0.995

As cassiterites analisadas revelam uma composição química próxima da ideal (com $\bar{X}_{Sn} = 0.99$ a.p.f.u.), confirmando-se que a contribuição de elementos traço para a ocupação da posição que idealmente incorpora Sn é, de facto, reduzida (tabela VI.3). Ainda assim, salienta-se que a presença de elementos menores como Ti ($\bar{X} = 1139$ ppm) e Fe ($\bar{X} = 350$ ppm), e ainda traços de W, Zn, Ta e Nb, é uma constante para a maioria das análises efectuadas às cassiterites (figura VI.4). Dos elementos mencionados, o Ti e o Fe são efectivamente os que exibem maior expressão na composição química das cassiterites, nomeadamente nas cassiterites associadas às volframites das rochas encaixantes silicificadas (Encaix. silicificado c/ volframite). O Nb e o Ta revelam um comportamento semelhante, com valores mais elevados nas cassiterites associadas às volframites. Os valores mais elevados de W e Zn foram registados nas cassiterites presentes no veio com granada e nas cassiterites associadas às volframites. Por outro lado, para as cassiterites disseminadas nas rochas encaixantes silicificadas, não

associadas a volframite, os valores de W e Zn são insignificantes, salientando-se que esta população de cassiterites define-se como a mais pura, uma vez que o contributo da maioria dos elementos traço é insignificante.

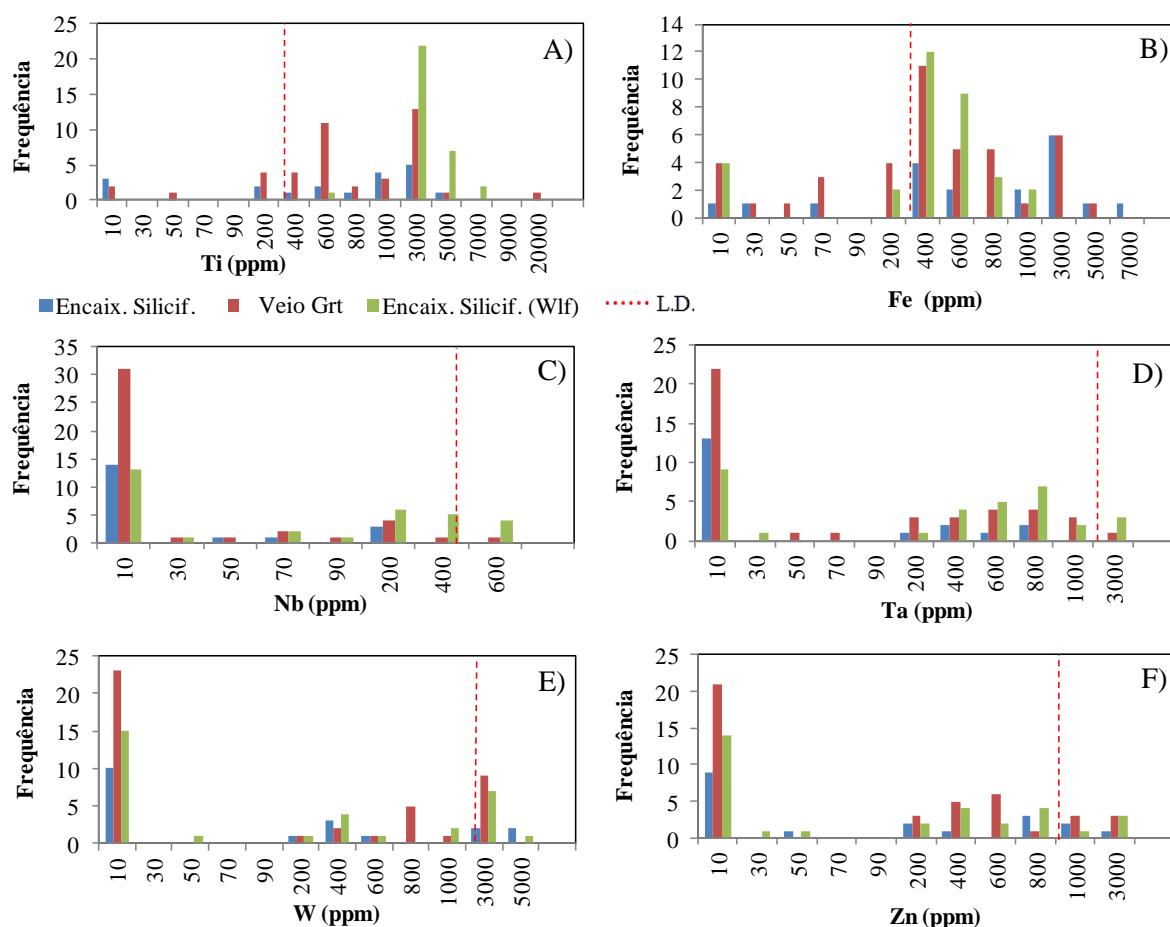


Figura VI.4- Distribuição da frequência absoluta das concentrações dos principais elementos traço do total de cassiterites analisadas: (A) Ti; (B) Fe; (C) Nb; (D) Ta; (E) W; (F) Zn; (n=19 - Encaix. Silicif.; n=42 - Veio Grt; n=33 - Encaix. Silicif. Wlf; total de análises=93). Os intervalos considerados são de 10 ppm para as dezenas, 100 ppm para as centenas, 1000 ppm para os milhares e 10000 ppm para as dezenas de milhares. Os valores de concentração marcados nos intervalos dos gráficos correspondem ao valor máximo de cada intervalo. As barras ocupam 1/3 da largura do intervalo que representam de modo a incluir no mesmo intervalo as análises das cassiterites presentes nos três contextos texturais diferentes.

A incorporação do Ti na posição ocupada pelo Sn não envolve grandes considerações visto que não existe balanço de cargas e a estrutura do rútilo e da cassiterite são bastante semelhantes. Ainda assim, destaca-se que as cassiterites analisadas nas rochas encaixantes silicificadas são as que denotam maior incorporação de Ti. Verifica-se também que a maioria das cassiterites projecta-se abaixo da recta (a tracejado) de substituição cassiterite – columbo-tantalite $((\text{Fe}, \text{Mn})^{2+}_{+1}(\text{Ta}, \text{Nb})^{5+}_{+2} \text{Sn}^{4+}_{-3})$, o que sugere a presença de outros mecanismos de substituição (figura VI.5).

Apesar de terem sido identificados zonamentos em diversos cristais de cassiterite, as análises não indicam uma variação significativa relativamente aos conteúdos em Sn e elementos traço principais. O zonamento poderá apenas refletir que a taxa de difusão dos elementos é distinta da taxa de crescimento do mineral.

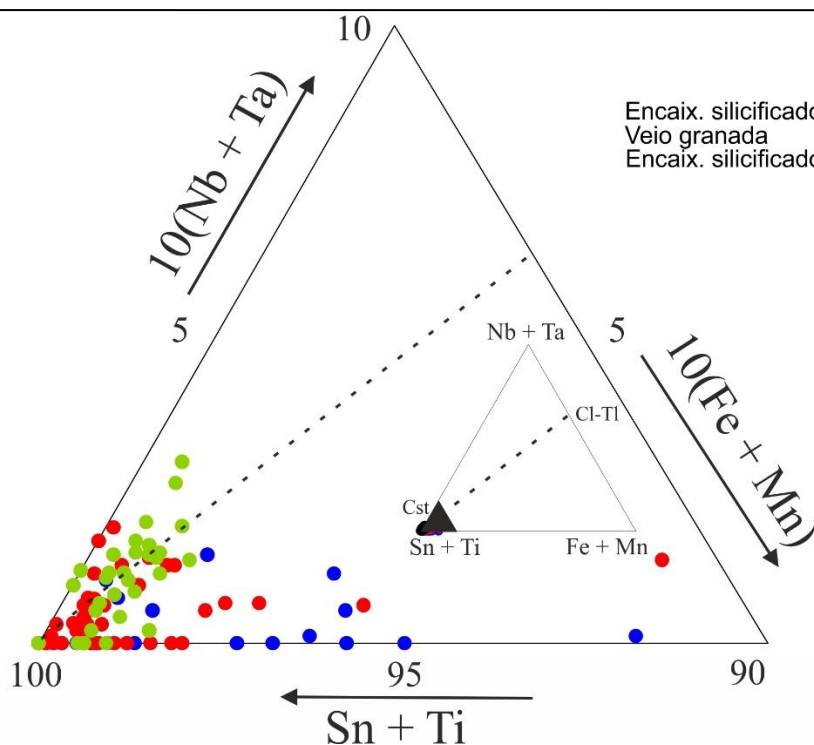


Figura VI.5- Projecção das cassiterites analisadas num diagrama (Sn+Ti)-10(Nb+Ta)-10(Fe+Mn), em a.p.f.u. A linha a tracejado representa o vector de substituição (cassiterite – columbo-tantalite) possível para a incorporação de Ta e Nb. Cst- cassiterite; Cl-Tl – columbo-tantalite (Neiva, 2008).

VI.2 Óxidos

VI.2.1 Rútilo

O rútilo é definido como um óxido praticamente puro de composição química TiO_2 . Contudo, os rútilos associados a depósitos metálicos de alta temperatura e/ou metamorfizados podem ser caracterizados por substituições anómalas de certos elementos como W^{6+} , Fe^{2+} , Sn^{4+} , Nb^{5+} , Ta^{5+} , Zn^{2+} , Pb^{4+} , V^{5+} , Cr^{6+} , na posição do Ti^{4+} (Clark e Williams-Jones, 2004). Devido à diferença de cargas entre os catiões em causa, as substituições mais comuns (Fe, Nb, Ta, W) requerem substituições acopladas tais como (Dostal *et al.*, 2009):



O rútilo corresponde a um dos minerais que existe com maior frequência nas amostras analisadas, tendo sido identificado tanto em veios como disseminado nas rochas encaixantes. Os rútilos identificados nas rochas encaixantes ocorrem em cristais de hábito prismático a acicular de pequenas dimensões e cor acinzentada, contudo, quando identificado em veios, o rútilo apresenta maiores dimensões, cor acastanhada e zonamentos composicionais bem visíveis em imagens de electrões retrodifundidos. Observaram-se, nos metassedimentos, duas populações de rútilos, diferenciadas por apresentarem cristais porosos e cristais recristalizados (figura VI.6-A). Por vezes, os rútilos contêm inclusões de W e Sn, podendo também ocorrer como inclusões em microfraturas nos filossilicatos (figura VI.6-B). Foram realizadas cerca de 35 análises de MSE a rútilos presentes em veios de quartzo (mineralizados com apatite e sulfuretos) e 110 a rútilos disseminados nas diversas rochas encaixantes. As análises e os respectivos cálculos estequiométricos, efectuados na base de 2 oxigénios, encontram-se tabeladas no anexo 2.3.4. A distinção entre os rútilos foi efectuada com base no tipo de alteração e de mineralização da rocha encaixante a que os rútilos estão associados.

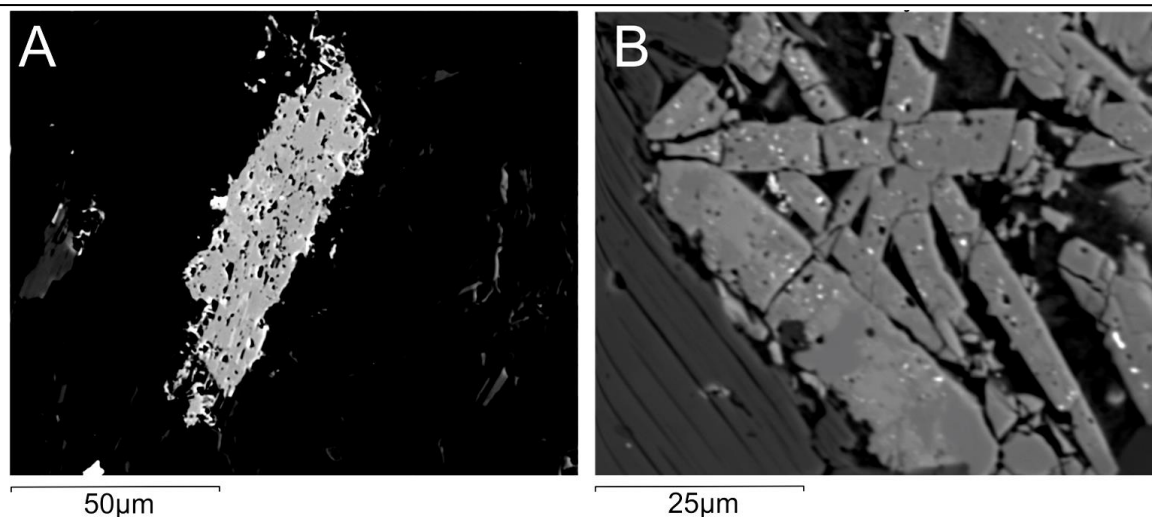


Figura VI.6 A- Rútilo anédrico poroso (lâmina S1.76.75.L1); B- Rútilos prismáticos com inclusões (pontos brancos) de W e Sn (lâmina S11.22.00.L1); Imagens de electrões retrodifundidos.

Os rútilos analisados possuem conteúdos variáveis de $\text{Ti}_{0.94-1.00}$ a.p.f.u. e conteúdos traço de W ($\bar{X} = 0.003$ a.p.f.u.), Nb ($\bar{X} = 0.002$ a.p.f.u.) e Sn ($\bar{X} = 0.002$ a.p.f.u.) (tabela VI.4). Os valores mais elevados de Sn e W obtidos provieram de rútilos analisados nas rochas encaixantes com silicificação, cloritização e turmalinização e, ainda, em rútilos de um veio de quartzo tardio (figura VI.7). Estes valores são compagináveis com a presença de mineralizações de wolframite e cassiterite nas rochas com silicificação, mineralizações de cassiterite e scheelite nas rochas com cloritização e mineralizações de scheelite e apatite nas rochas turmalinizadas. Por outro lado, os rútilos que ocorrem nos xistos negros são os que demonstram menores concentrações em Sn e W e que revelam uma composição mais próxima da ideal, com valores de Ti, Nb e Ta mais elevados, o que é compatível com o facto de nestas rochas não terem sido identificadas mineralizações em W-Sn. Tal como foi referido acima, o W entra na posição do Ti através de uma substituição acoplada com o Fe, confirmado pela correlação negativa verificada na figura VI.8

Tabela VI.4- Análises representativas de rútilos analisados nos diferentes metassedimentos mineralizados, estando apenas representados os elementos mais relevantes para o estudo. Lâminas correspondentes: 1, 2- S11.12.35 (Xisto Negro); 3, 4- S1.81.60, S1.76.75 (Xisto Turmalinizado); 5, 6- S11.22.00 (Xisto Silicificado); 7, 8- S8.68.80, S8.44.15 (Xisto Cloritizado).

wt. %	X. Negro		Turmalinizado		Silicificado		Cloritizado	
	1	2	3	4	5	6	7	8
TiO₂	100.16	91.51	99.00	92.62	92.94	86.18	96.81	96.93
WO ₃	0.22	4.66	0.63	0.80	1.47	7.78	1.41	0.07
FeO	0.07	1.39	0.21	1.75	0.75	1.21	0.49	0.24
Nb ₂ O ₅	0.19	0.24	0.11	3.50	0.15	0.21	0.24	0.29
SnO ₂	0.00	0.51	0.08	0.63	0.16	0.09	0.20	0.63
Ta ₂ O ₅	0.09	0.05	0.00	0.37	0.11	0.04	0.00	0.00
V ₂ O ₃	0.00	0.42	0.03	0.26	0.00	0.08	0.00	0.18
Total	100.84	99.15	100.62	100.47	100.23	99.97	100.29	99.82
<i>a.p.f.u.</i>								
Ti	0.996	0.956	0.990	0.947	0.970	0.936	0.978	0.977
W	0.001	0.017	0.002	0.003	0.005	0.029	0.005	0.000
Fe	0.001	0.016	0.002	0.020	0.009	0.015	0.005	0.003
Nb	0.001	0.002	0.001	0.022	0.001	0.001	0.001	0.002
Sn	0.000	0.003	0.000	0.003	0.001	0.001	0.001	0.003
Ta	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000
V	0.000	0.005	0.000	0.003	0.000	0.001	0.000	0.002
Posição Ti	0.999	0.998	0.996	0.999	0.986	0.982	0.991	0.987

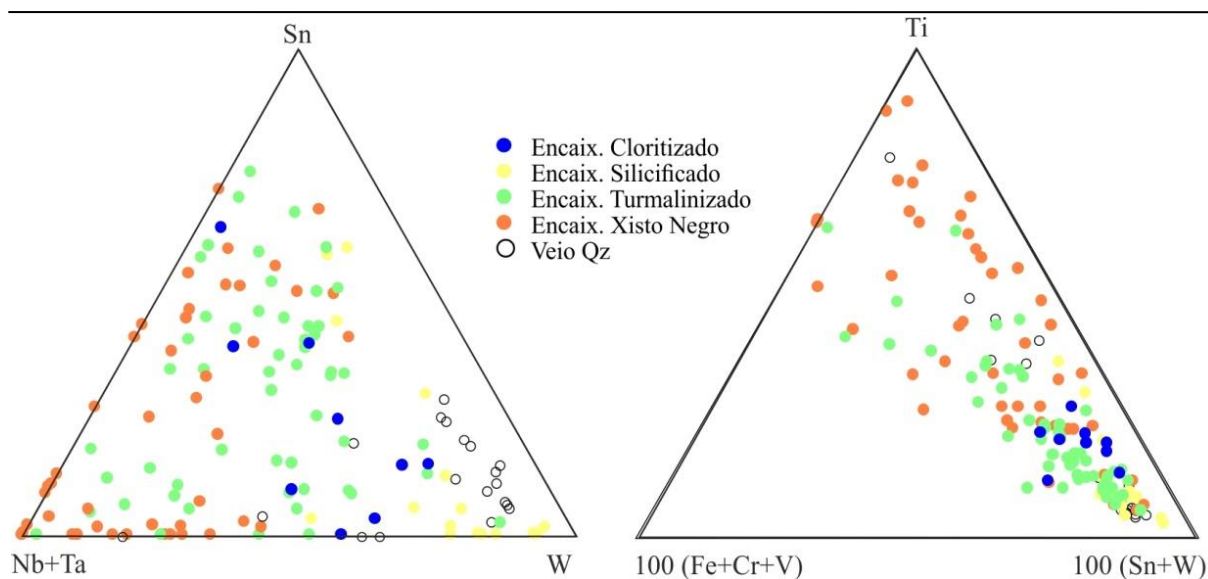


Figura VI.7- Distribuição das proporções atômicas ($Nb+Ta - Sn - W$ e $Fe+Cr+V - Ti - Sn+W$), em a.p.f.u., do total de rútilos analisados. As análises foram agrupadas segundo critérios texturais em: Encaixante Cloritizado; Encaixante Silicificado; Encaixante Turmalinizado; Encaixante Xisto Negro; Veio de Quartzo.

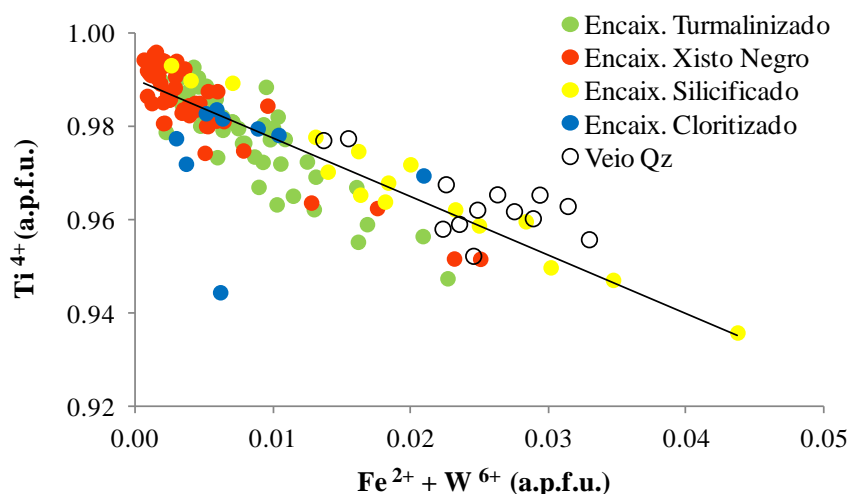
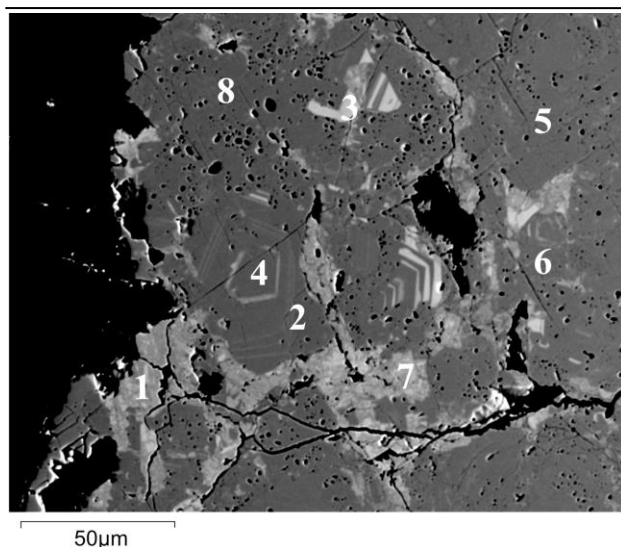


Figura VI.8- Distribuição das proporções atômicas (Ti vs. $Fe+W$), em a.p.f.u., do total de rútilos analisados. Critérios de abreviação de acordo com o estipulado na figura VI.7.

Os zonamentos composicionais dos rútilos apenas são observáveis através de imagens de electrões retrodifundidos (figura VI.9). As análises realizadas nos zonamentos demonstraram a existência de uma variação composicional entre as zonas mais escuras (mais leves) e zonas mais claras (mais pesadas) dos grãos de rútilo, as quais foram definidas como rútilos precoces e rútilos tardios, respectivamente. As principais variações registadas correspondem aos conteúdos em Ti , W , Fe e Sn . Os rútilos precoces são definidos por uma composição próxima da ideal, com conteúdos de $TiO_2 > 98$ wt. % e conteúdos traço de W ($\bar{X} = 1498$ ppm), Fe ($\bar{X} = 2012$ ppm) e Sn ($\bar{X} = 312$ ppm). Contrariamente, os rútilos tardios possuem conteúdos de TiO_2 mais reduzidos ($TiO_2 > 91$ wt. %) e conteúdos em W ($\bar{X} = 17806$ ppm), Fe ($\bar{X} = 6723$ ppm) e Sn ($\bar{X} = 2302$ ppm) mais significativos. Através da distinção entre rútilos precoces e rútilos tardios presentes num veio de quartzo e na rocha encaixante, verifica-se um enriquecimento em W e, menos significativo, em Sn nos rútilos tardios que ocorrem no veio e um enriquecimento em Nb e Ta nos rútilos (precoces e tardios) do encaixante e nos rútilos precoces do veio, o que sugere que possivelmente os rútilos do encaixante e os rútilos precoces do veio serão contemporâneos (figura VI.10).



wt. %	1	2	3	4
TiO₂	93.95	100.13	94.82	100.16
WO₃	3.41	0.01	4.57	0.22
FeO	1.24	0.05	1.02	0.07
Nb₂O₅	0.39	0.23	0.29	0.19
SnO₂	0.36	0.00	0.40	0.00
Ta₂O₅	0.06	0.02	0.00	0.09
V₂O₃	0.16	0.00	0.30	0.00
wt. %	5	6	7	8
TiO₂	100.30	100.51	93.52	100.35
WO₃	0.29	0.33	3.23	0.13
FeO	0.07	0.09	1.16	0.14
Nb₂O₅	0.39	0.41	0.27	0.39
SnO₂	0.00	0.02	0.76	0.00
Ta₂O₅	0.02	0.11	0.10	0.00
V₂O₃	0.00	0.00	0.52	0.00

Figura VI.9- Rútilo com zonamentos composicionais (imagem de electrões retrodifundidos). A tabela (à direita) contém as respectivas análises de MSE com os principais elementos na forma de óxidos, em wt. %. As análises a negrito (1, 3 e 7) representam os rútilos tardios, enquanto as restantes análises dizem respeito aos rútilos precoces (2,4,5,6 e 8).

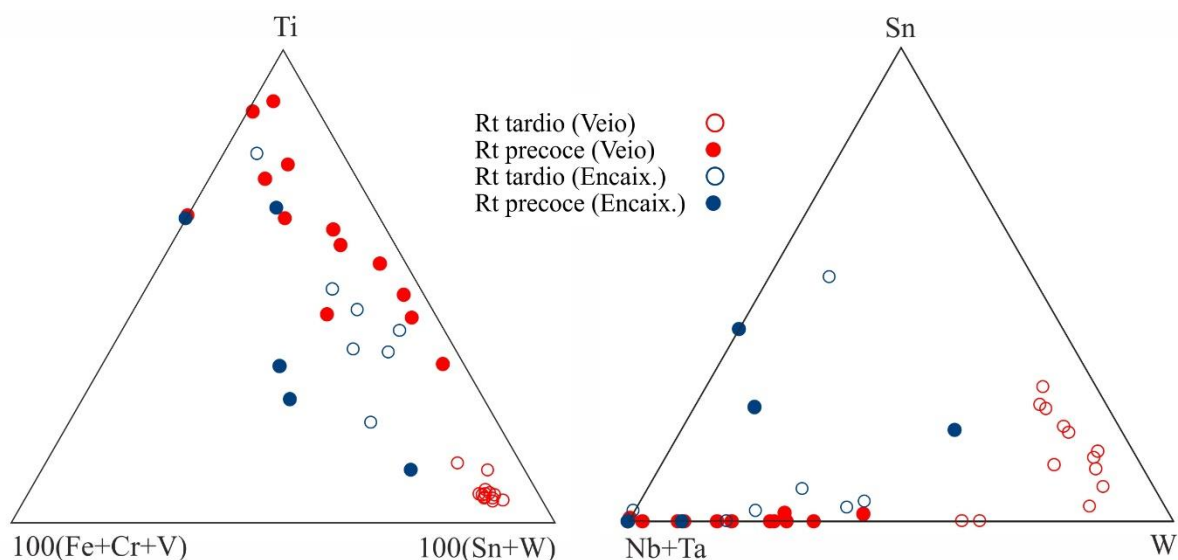


Figura VI.10 - Distribuição das proporções atómicas (Fe+Cr+V - Ti - Sn+W e Nb+Ta - Sn - W), em a.p.f.u., do total de rútilos zonados analisados, quer de veios de quartzo quer da rocha encaixante (xisto negro), referentes a uma LDP (S11.12.35.L2). As análises foram agrupadas segundo as gerações de rútilo reconhecidas em: rútilos tardios presentes no veio de quartzo (Rt tardio Veio); rútilos precoces presentes no veio de quartzo (Rt precoce Veio); rútilos tardios presentes no xisto negro (Rt tardio Encaix.); rútilos precoces presentes no xisto negro (Rt precoce Encaix.).

Do ponto de vista composicional, os grãos de rútilo afiguram-se heterogéneos. Essa heterogeneidade composicional, materializada pelos diferentes zonamentos observáveis, traduz-se possivelmente na difusão tardia dos elementos mais pesados, tais como W e Sn, em zonas de fraturação ou planos preferenciais controlados cristalograficamente e/ou será o resultado da relação entre a taxa de crescimento do mineral superior à taxa de difusão dos elementos no fluido (zonamento oscilatório). Por outro lado, poderá também corresponder a factores externos como variações composicionais no fluido hidrotermal.

VI.2.2 Ilmenite

A ilmenite é definida como um óxido cuja fórmula química pode ser expressa por $\text{Fe}^{2+}\text{Ti}^{4+}\text{O}_3$. Elementos como Mn, Mg e Zn a substituir o Fe e Cr e Si a substituir o Ti, constituem elementos que tipicamente podem estar presentes na fórmula estrutural da ilmenite (Mehdilo *et al.*, 2015). A presença da ilmenite é pouco frequente nas amostras estudadas, tendo sido identificada apenas em rochas encaixantes cloritizadas (S8.68.80) e rochas encaixantes turmalinizadas (S11.70.40). Foram realizadas cerca de 14 análises de MSE. Os cálculos estequiométricos foram efectuados na base de três oxigénios e encontram-se tabelados no anexo 2.3.5. As ilmenites identificadas (figura VI.11) são caracterizadas por dimensões bastante reduzidas, hábito acicular e por ocorrerem associadas a rútilos, o que dificulta por vezes a identificação das ilmenites uma vez que apresentam bastantes semelhanças com os rútilos.

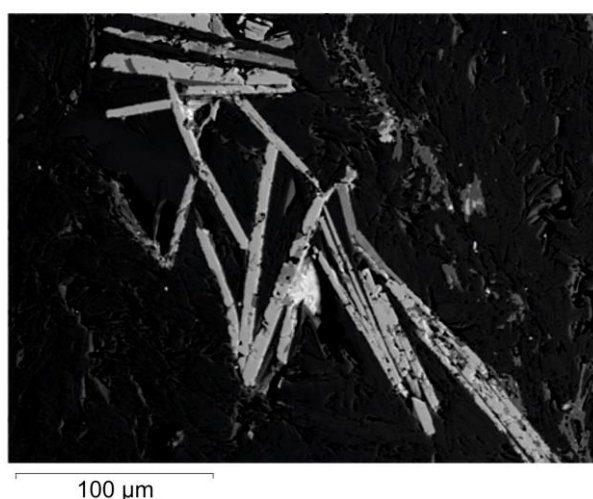


Figura VI.11- Imagem de electrões retrodifundidos de ilmenites aciculares associadas a rútilos anédricos (grão mais claro). Lâmina S8.68.80.

As ilmenites analisadas denotam desvio relativamente à composição ideal dado que apresentam excesso de Ti e défice de Fe, interpretado como erro sistemático de origem analítica. O Mn é o elemento mais relevante na posição do Fe e ocorre na estrutura da ilmenite com valores significativos ($\text{Mn}_{0.066-0.151}$ a.p.f.u.), o que corresponderá à componente pirofanítica (MnTiO_3). Por outro lado, os conteúdos obtidos de Zn (até 0.099 a.p.f.u.), apesar de não serem tão relevantes, poderão representar a componente ecandrewsítica (ZnTiO_3). Já a componente geikinítica (MgTiO_3) é praticamente inexistente, dado que o conteúdo em MgO é insignificante (tabela VI.5, figura VI.12).

A incorporação de Zn e Mn na posição idealmente ocupada por Fe, evidenciada pela correlação negativa da figura VI.12-B, ainda que seja constante em todas as ilmenites analisadas, é superior nas ilmenites das rochas encaixantes cloritizadas, variando entre 0.16-0.24 a.p.f.u.

Tabela VI.5- Amplitude composicional (média, desvio padrão, mediana, máximo e mínimo) dos principais elementos que estão presentes na composição química da ilmenite, em a.p.f.u., para a totalidade de ilmenites analisadas (n=14).

a.p.f.u.	Média	D. Padrão	Mediana	Máximo	Mínimo
Ti	1.018	0.015	1.015	1.069	1.001
Fe	0.804	0.083	0.822	0.890	0.604
Mn	0.109	0.029	0.097	0.151	0.066
Mg	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000
Zn	0.025	0.034	0.011	0.099	0.000
Nb	0.003	0.001	0.003	0.005	0.002
W	0.001	0.002	0.001	0.007	0.000
Sn	0.000	0.000	0.000	0.002	0.000

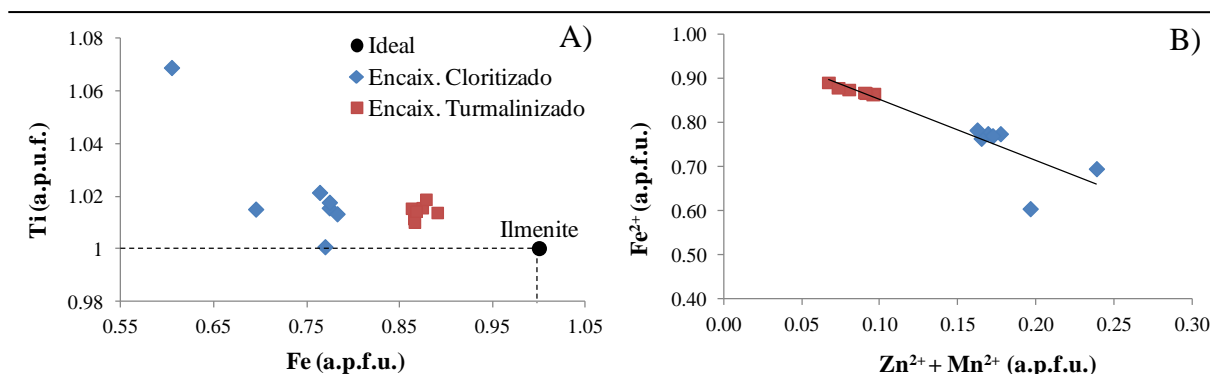


Figura VI.12- Distribuição das proporções atómicas (A) Fe vs. Ti e (B) Zn+Mn vs. Fe, em a.p.f.u., do total de ilmenites analisadas. As análises foram agrupadas segundo critérios texturais em: ilmenites presentes nas rochas encaixantes cloritizadas (Encaix. Cloritizado); ilmenites presentes nas rochas encaixantes turmalinizadas (Encaix. Turmalinizado).

VI.3 Electrum

O electrum corresponde a uma liga metálica constituída por Au e Ag. Esta liga foi identificada em apenas uma lâmina (S1.37.70), sob a forma de cristais de dimensões extremamente reduzidas, o que dificultou bastante a sua análise por MSE e, consequentemente, impediu a recolha de um maior número de dados. O electrum identificado ocorre preferencialmente disseminado nas zonas de rocha encaixante onde existe predominância de arsenopirite \pm pirite, e/ou em microfracturas nos cristais de arsenopirite (figura VI.13). As 12 análises efectuadas na MSE e os respectivos cálculos estequiométricos, realizados na base de 1 unidade, encontram-se no anexo 2.3.6.

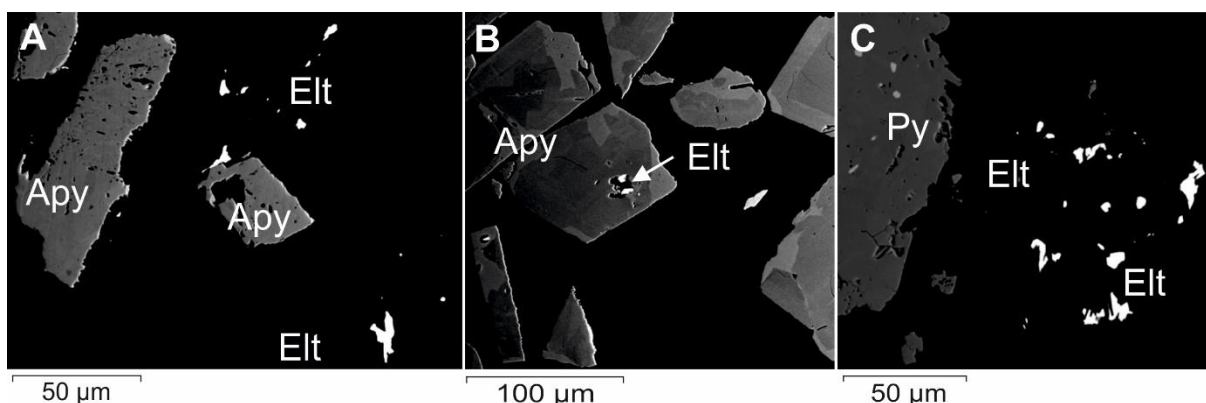


Figura VI.13- Imagens de electrões retrodifundidos (lâmina S1.37.70). A- Associação entre arsenopirites e electrum; B- Dois cristais de electrum inseridos numa microfratura de um cristal de arsenopirite zonada; C- Associação entre electrum e pirite com inclusões de arsenopirite.

Os cristais de electrum analisados revelam composição química composta por valores de Au e Ag que variam entre 65-68 at. % e 29-33 at. %, respectivamente. Os elementos traço predominantes na composição dos cristais de electrum correspondem ao Fe (\bar{X} = 1.038 at. %), Bi (\bar{X} = 0.501 at. %), Zn (\bar{X} = 0.125 at. %) e Te (\bar{X} = 0.070 at. %) (figura VI.14).

Salienta-se que o Bi e o Fe estão presentes sistematicamente na composição do electrum analisado e manifestam conteúdos mais elevados, ao invés do Te e do W que para além de ocorrerem em conteúdos mais baixos, apenas foram detectados em alguns cristais analisados. O valor de Fe = 2,68 at. % é interpretado como um valor anómalo, uma vez que a dimensão do grão de electrum é muito reduzida, podendo o feixe da MSE ter atingido outro mineral com Fe, como por exemplo, a pirite.

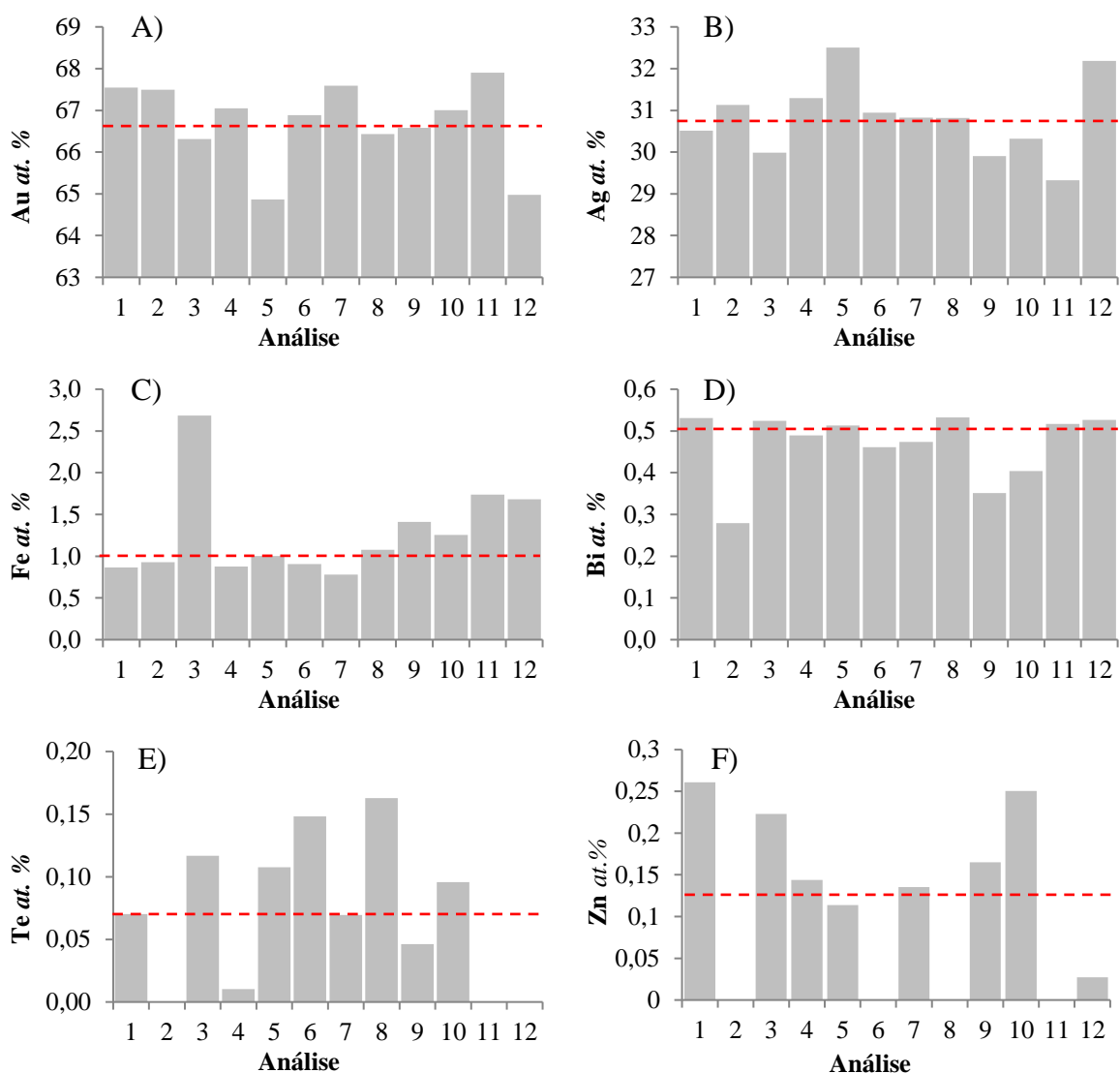


Figura VI.14- Principais elementos (A) Au, (B) Ag, (C) Fe, (D) Bi, (E) Te, (F) Zn, presentes na composição química da totalidade de electrum analisado. Os valores encontram-se em percentagem atômica. O eixo XX corresponde às 12 análises que foram efectuadas a cristais de electrum. A linha vermelha a tracejado representa os valores medianos de cada elemento.

VI.4 Sulfuretos

VI.4.1 Arsenopirite

A arsenopirite, de fórmula química geral FeAsS , define-se como um dos sulfuretos que ocorre com maior frequência nas amostras analisadas. Na generalidade, as arsenopirites identificadas surgem como cristais de grandes dimensões, euédricos, tabulares e com secções rômbricas ou sob a forma de *clusters* compostos por cristais euédricos aciculares de pequenas dimensões. Através de imagens de electrões retrodifundidos observaram-se zonamentos composicionais na maioria dos cristais de arsenopirite (figura VI.15). Os zonamentos visíveis sugerem a presença de diversas gerações de arsenopirite.

Foram efectuadas 164 análises de MSE em arsenopirites: 91 em metassedimentos turmalinizados; 69 em xistos negros; e 4 num veio de apatite das rochas encaixantes cloritizadas. O cálculo estequiométrico das arsenopirites foi realizado na base do total de iões presentes na estrutura da arsenopirite ($\text{Fe}+\text{As}+\text{S}=3$) e as tabelas com os respectivos cálculos encontram-se no anexo 2.3.7.

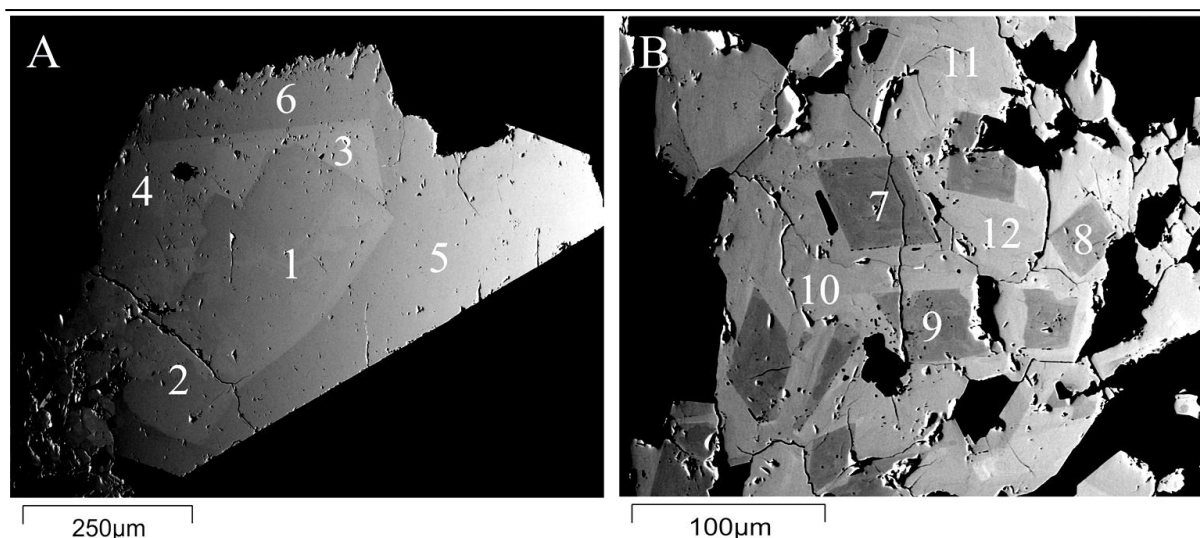


Figura VI.15- Imagens de electrões retrodifundidos. A- Arsenopirite zonada num veio de quartzo (SI.76.75); B- Arsenopirite zonada nos metassedimentos turmalinizados (SI.76.75). Os números de 1-12 correspondem às análises pontuais de MSE efectuadas nos dois cristais representados nesta figura e os resultados obtidos encontram-se na tabela VI.6.

As principais substituições que podem ocorrer em cada uma das três posições da estrutura da arsenopirite incluem: Te e As na posição do S; Bi, Cd, In, Sn, Sb, e S na posição do As; Co, Ni, W, Pb, Au, Ag, entre outros, na posição do Fe. Verifica-se que as arsenopirites analisadas (tabela VI.6) denotam um certo desvio relativamente à sua composição ideal, uma vez que são caracterizadas por conteúdos de Fe, As e S variáveis. Os dados revelam também que as arsenopirites incorporam diversos elementos menores e traço, em conteúdos variáveis, como o Co ($\bar{X} = 0.20$ wt. %), Ni ($\bar{X} = 0.18$ wt. %), Sb ($\bar{X} = 942$ ppm), W ($\bar{X} = 398$ ppm) e Zn ($\bar{X} = 267$ ppm). Apesar de ter sido identificado electrum em microfracturas de alguns cristais de arsenopirite, os conteúdos de Au incorporados na estrutura das arsenopirites correspondem a $\bar{X}_{Au} = 349$ ppm, podendo atingir os 2400 ppm pontualmente.

Tabela VI.6- Análises representativas das arsenopirites analisadas. Apenas estão representados os elementos maiores e traço mais relevantes. Lâminas correspondentes: 1, 2- Arsenopirites em veio de apatite (S8.68.80) na rocha encaixante cloritizada; 3, 4- Arsenopirite na rocha encaixante turmalinizada (SI.82.39, SI.76.75); 5, 6- Arsenopirite no encaixante xisto negro (SI.37.70). 1-12 – Algumas das análises referentes às arsenopirites zonadas da figura VI.15 (SI.76.75).

wt. %	1	2	3	4	5	6	1	4	5	6	7	9	11	12
As	48.90	47.00	44.11	37.14	41.80	38.49	45.36	45.99	43.51	43.48	40.76	38.64	45.49	45.97
Fe	30.94	32.82	32.48	37.25	36.20	36.84	35.18	34.15	35.92	35.78	36.44	36.80	35.30	34.91
S	17.30	18.64	20.47	25.61	22.62	24.57	19.84	19.18	20.89	20.86	23.08	24.28	19.62	19.41
Co	1.88	1.03	1.90	0.02	0.04	0.02	0.06	0.08	0.00	0.01	0.03	0.03	0.14	0.08
Ni	1.77	1.28	0.82	0.04	0.06	0.05	0.04	0.64	0.02	0.01	0.03	0.02	0.09	0.24
Sb	0.00	0.00	0.00	0.26	0.04	0.41	0.00	0.00	0.01	0.05	0.10	0.38	0.00	0.02
W	0.13	0.00	0.19	0.00	0.00	0.06	0.10	0.09	0.04	0.00	0.03	0.00	0.16	0.02
Pb	0.01	0.10	0.08	0.06	0.09	0.06	0.09	0.12	0.10	0.00	0.11	0.03	0.01	0.02
Au	0.00	0.01	0.05	0.00	0.02	0.00	0.05	0.01	0.03	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00
Ag	0.00	0.02	0.01	0.00	0.01	0.03	0.00	0.01	0.02	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00
Total	101.00	100.93	100.22	100.50	100.97	100.63	100.89	100.30	100.58	100.30	100.77	100.29	100.95	100.86
a.p.f.u.														
As	1.082	1.025	0.951	0.756	0.874	0.792	0.977	1.002	0.928	0.929	0.850	0.799	0.981	0.994
Fe	0.918	0.960	0.939	1.018	1.015	1.017	1.017	0.998	1.028	1.026	1.019	1.020	1.021	1.012
S	0.894	0.950	1.031	1.219	1.105	1.181	0.999	0.977	1.041	1.042	1.124	1.173	0.988	0.980
Co	0.053	0.029	0.052	0.000	0.001	0.001	0.002	0.002	0.000	0.000	0.001	0.001	0.004	0.002
Ni	0.050	0.036	0.023	0.001	0.002	0.001	0.001	0.018	0.000	0.000	0.001	0.000	0.002	0.007
Sb	0.000	0.000	0.000	0.003	0.000	0.005	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.005	0.000	0.000
W	0.001	0.000	0.002	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000
Pb	0.000	0.001	0.001	0.000	0.001	0.000	0.001	0.001	0.001	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000
Au	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Ag	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Posição S	0.977	0.974	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.979	1.000	1.000	1.000	1.000	0.988	0.980
Posição As	1.000	1.000	0.982	0.980	0.980	0.979	0.977	1.000	0.970	0.973	0.975	0.976	0.981	0.994
Posição Fe	1.023	1.026	1.018	1.020	1.020	1.021	1.023	1.021	1.030	1.027	1.025	1.024	1.031	1.026

A maioria das arsenopirites analisadas, principalmente as arsenopirites inseridas nos xistos negros e nos xistos turmalinizados (figura VI.16), contém excesso de S ($> 33,3 \text{ at. } \%$) e déficit em As ($< 33,3 \text{ at. } \%$). O excesso de S, o qual é incorporado na posição do As, representa o desvio da componente pirítica (FeS_2) da arsenopirite (Ashley *et al.*, 2000). Por outro lado, o excesso de As ($> 33,3 \text{ at. } \%$), incorporado na posição do S, verifica-se maioritariamente nas arsenopirites do veio de apatite e corresponde à presença da componente loellingítica (FeAs_2) da arsenopirite.

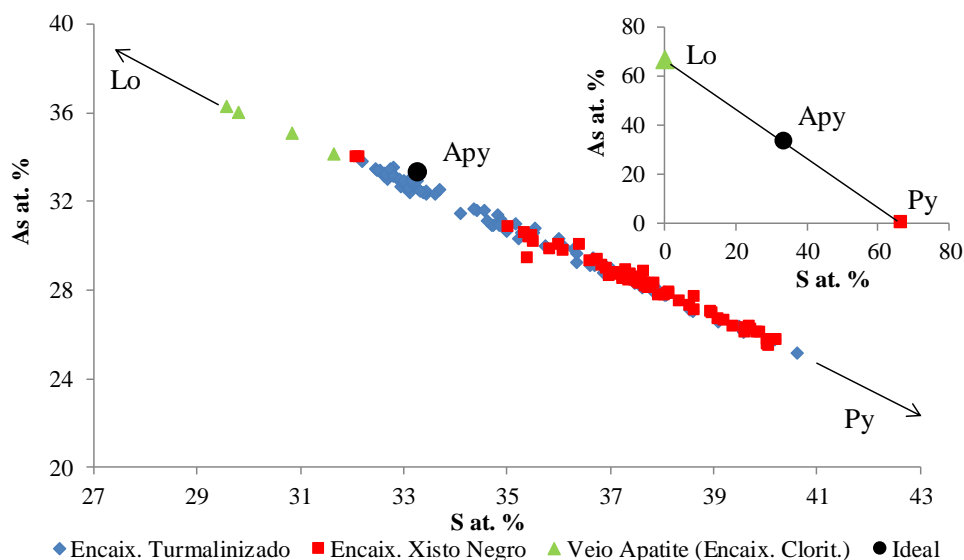


Figura VI.16– Projeção do As vs. S (em percentagem atômica) da totalidade de arsenopirites analisadas e destaque para as componentes piríticas e loellingíticas da arsenopirite. As análises foram agrupadas segundo critérios texturais em: arsenopirites disseminadas nas rochas encaixantes turmalinizadas (Encaix. Turmalinado); arsenopirites disseminadas nos xistos negros (Encaix. Xisto Negro); arsenopirites presentes no veio de apatite que intersecta as rochas encaixantes cloritizadas (Encaix. Cloritizado (Veio de Apatite)).

Os dados demonstram que a substituição do Fe por Co e Ni é preponderante nas arsenopirites do veio de apatite e na maioria das arsenopirites presentes nas rochas encaixantes turmalinizadas (figura VI.17-B); no entanto não se verifica o mesmo entre o Fe e o Sb, o que significa que o Sb estará a substituir o As; porém denota-se que os conteúdos em Sb são mais elevados nas arsenopirites presentes nos xistos negros relativamente às restantes arsenopirites (figura VI.17-A).

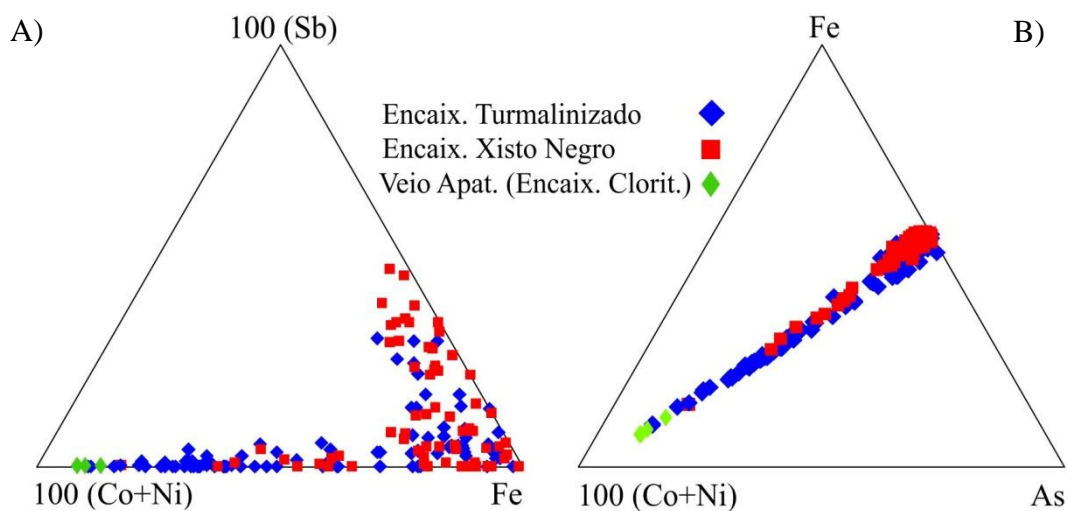


Figura VI.17- A- Distribuição das proporções atômicas entre os elementos Co+Ni – Sb – Fe das arsenopirites analisadas. B- Distribuição das proporções atômicas entre os elementos Co+Ni – Fe – As das arsenopirites analisadas. Os valores encontram-se em a.p.f.u. Critérios de abreviação de acordo com o estipulado na figura VI.16.

Através dos zonamentos observados por MSE em diversos cristais de arsenopirite e dos dados obtidos (figura VI.18), foram distinguidas pelo menos três gerações de arsenopirite. A primeira geração (núcleos dos cristais visíveis na figura VI.15) é caracterizada por conteúdos em As menores ($< 33.3 \text{ at.}\%$) e em S maiores ($> 33.3 \text{ at.}\%$) relativamente à maioria das arsenopirites de segunda e terceira geração (bordos dos cristais visíveis na figura VI.15).

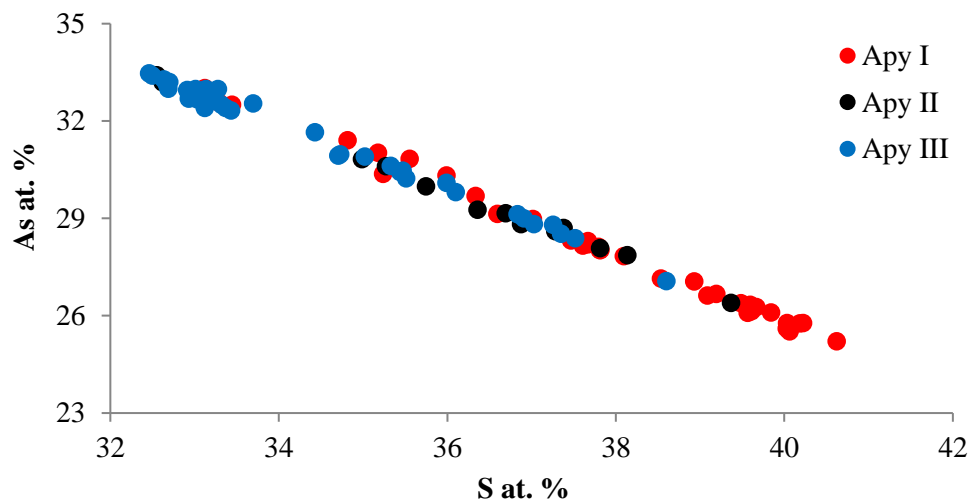


Figura VI.18- Relação entre As vs. S (em percentagem atômica) das diferentes gerações de arsenopirite analisadas. As análises foram agrupadas segundo as diferentes gerações reconhecidas em: arsenopirite de 1ª geração (Apy I); arsenopirite de 2ª geração (Apy II); arsenopirite de 3ª geração (Apy III).

Os resultados (figura VI.19) mostram que as arsenopirites de 1ª geração são enriquecidas em Sb e em Fe e empobrecidas em Co e Ni, relativamente às arsenopirites de 2ª e 3ª geração, o que permite associar a composição das arsenopirites de 1ª geração à composição das arsenopirites dos xistos negros (figura VI.17) e considerá-las como as arsenopirites mais precoces. Por outro lado, as arsenopirites de 2ª e 3ª geração enriquecidas em Co, Ni e As e empobrecidas em Sb e Fe, podem ser associadas às arsenopirites presentes nos metassedimentos turmalinizados e portanto classificá-las como arsenopirites mais tardias. O enriquecimento em Co poderá traduzir uma ligeira componente saflorítica ((Co,Fe)As₂). As arsenopirites do veio de apatite corresponderão à última e 4ª geração.

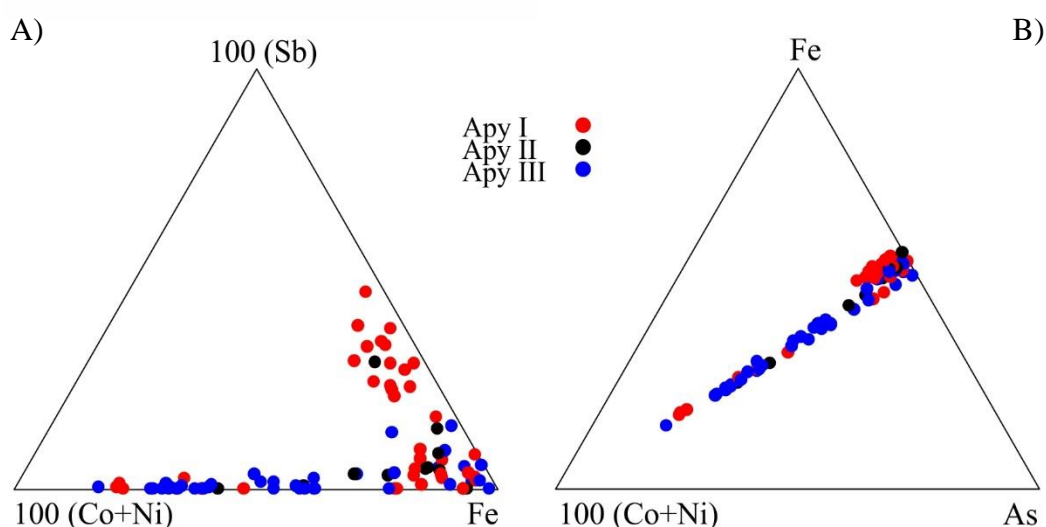


Figura VI.19- **A**- Distribuição das proporções atômicas entre os elementos Co+Ni – Sb – Fe das arsenopirites analisadas; **B**- Distribuição das proporções atômicas entre os elementos Co+Ni – Fe – As das arsenopirites analisadas. Os valores encontram-se em a.p.f.u. Critérios de abreviação de acordo com o estipulado na figura VI.18.

VI.4.2 Pirite

A pirite (FeS_2) representa um dos sulfuretos que, a par da arsenopirite, surge com maior frequência, tendo sido reconhecida em amostras correspondentes às três sondagens estudadas, no qual resultou a obtenção de 141 análises de MSE. As análises e os respectivos cálculos estequiométricos, efectuados na base de 3 posições, encontram-se tabelados no anexo 2.3.8. A pirite foi identificada em diversas estruturas e contextos texturais, como veios e metassedimentos com ou sem mineralização em W-Sn e Au. Foram observados zonamentos composicionais e, no mínimo, duas gerações de pirite.

A composição média obtida para as pirites analisadas corresponde a $\text{Fe}_{0.99}\text{S}_{1.99}$, o que demonstra a homogeneidade composicional existente. Porém verifica-se, através da figura VI.20, que apesar de não existirem variações acentuadas na composição química das pirites analisadas, as suas proporções Fe:S afastam-se ligeiramente da proporção ideal (1:2). Da totalidade de pirites analisadas, as que se encontram disseminadas nas rochas encaixantes turmalinizadas são as que revelam maior desvio à composição ideal.

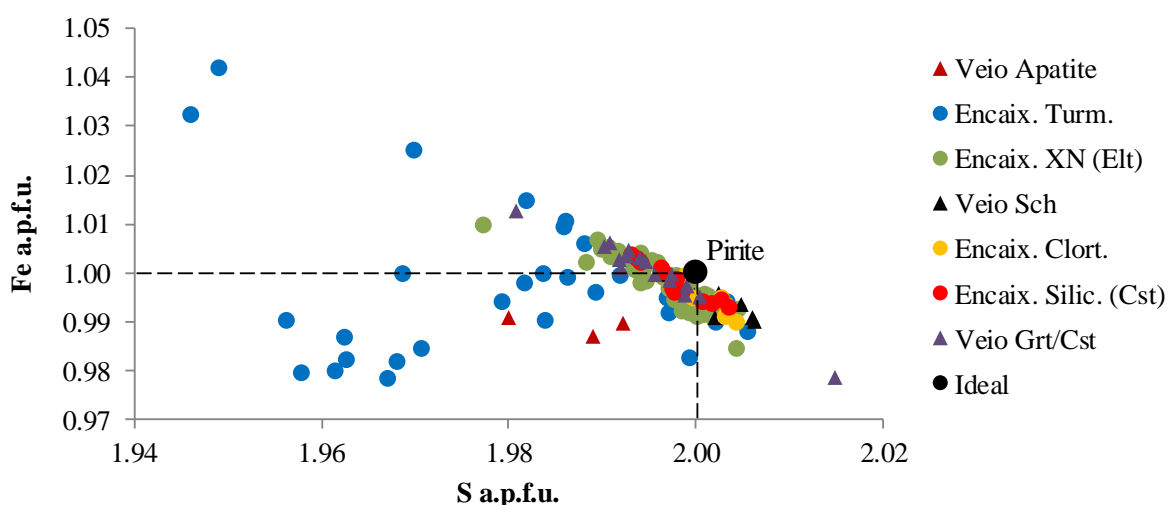


Figura VI.20- Distribuição das proporções atômicas (S vs. Fe), em a.p.f.u., do total de pirites analisadas. As análises foram agrupadas segundo critérios texturais em: pirites no veio de apatite (Veio Apatite), $n = 3$; pirites no veio de scheelite (Veio Sch), $n = 11$; pirites no veio de granada e cassiterite (Veio Grt/Cst), $n = 17$; pirites no encaixante turmalinizado (Encaix. Turm.), $n = 35$; pirites no encaixante cloritizado (Encaix. Clort.), $n = 6$; pirites no encaixante xisto negro com electrum (Encaix. XN Elt), $n = 54$; pirites no encaixante silicificado com cassiterite (Encaix. Silic. Cst), $n = 15$.

Os défices observados em Fe poderão estar relacionados com a incorporação de elementos traço como As, Ni, Co, W, Pb e Mo (figura VI.21) na posição do Fe. O As e o W (figura VI.21-A e C) não ocorrem com frequência na composição das pirites analisadas, ainda assim verificam-se conteúdos elevados ($\text{W}_{1000-3060}$ ppm e $\text{As}_{5000-32600}$ ppm) em várias análises. Salienta-se que a maioria das análises de As e W encontra-se abaixo do limite de deteção ($\text{L.D}_{\text{As}} = 232$ ppm e $\text{L.D}_{\text{W}} = 807$ ppm). O Ni e o Pb (figura VI.21-B e D) revelam comportamentos semelhantes em termos de conteúdos, com valores medianos de 600 e 480 ppm, respectivamente, enquanto o Mo e o Co (figura VI.21-E e F) correspondem aos elementos traço menos relevantes, com conteúdos medianos de 240 e 250 ppm.

Os dados obtidos relativos aos zonamentos identificados e analisados nos cristais de pirite, indicam que não existem variações composicionais significativas para as diferentes zonas (bordos e núcleos). O mesmo se conclui para as diferentes gerações de pirite analisadas (figura VI.22).

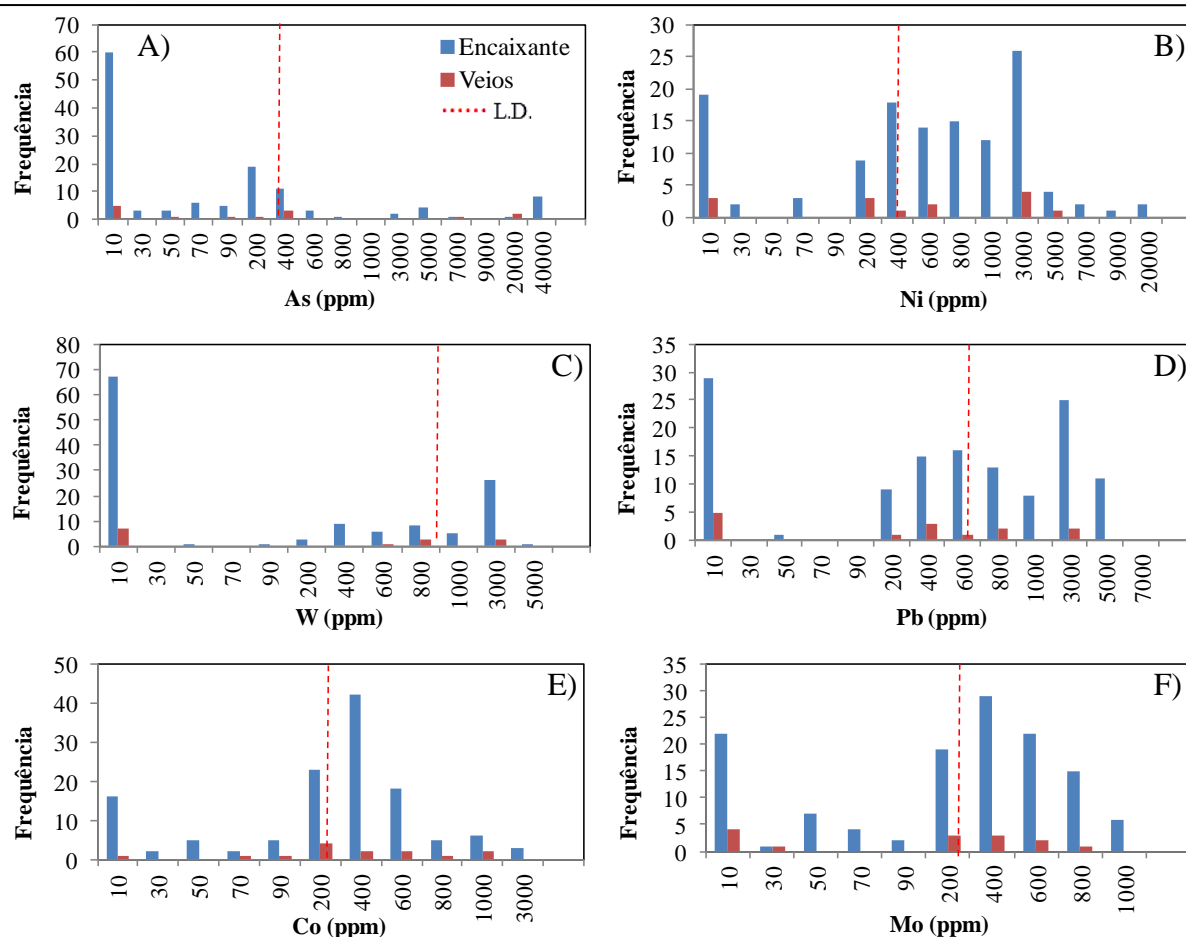


Figura VI.21- Distribuição da frequência absoluta das concentrações dos principais elementos traço do total de pirites analisadas: (A) As; (B) Ni; (C) W; (D) Pb; (E) Co; (F) Mo; (n = 127 - Encaixante; n = 14 - Veio; total de análises = 141). Os intervalos considerados são de 10 ppm para as dezenas, 100 ppm para as centenas, 1000 ppm para os milhares e 10000 ppm para as dezenas de milhares. Os valores de concentração marcados nos intervalos dos gráficos correspondem ao valor máximo de cada intervalo. As barras ocupam metade da largura do intervalo que representam de modo a incluir no mesmo intervalo as análises das pirites presentes nos veios e rochas encaixantes. As análises foram agrupadas em apenas dois grupos principais (veios e rochas encaixantes).

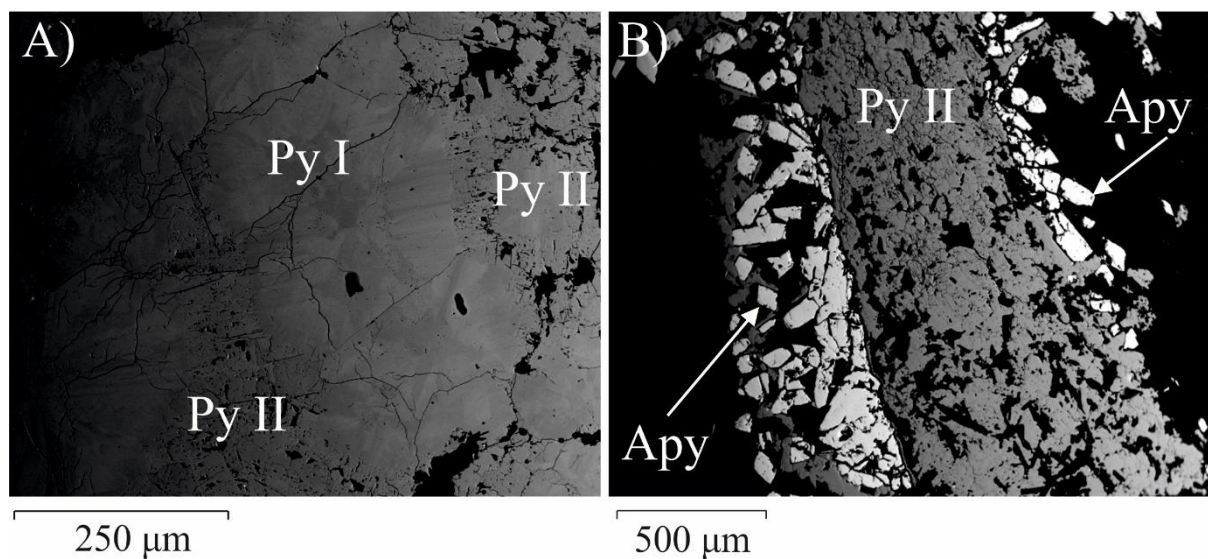


Figura VI.22- Imagens de electrões retrodifundidos. A- Cristal com duas gerações de pirite: a primeira geração (Py I) é caracterizada por zonamentos composicionais e a segunda geração (Py II) é caracterizada por elevada porosidade; B- Cristal de pirite de segunda geração (Py II) em associação com diversos cristais de arsenopirite (Apy).

VI.4.3 Pirrotite

A pirrotite, de fórmula química geral $\text{Fe}_{(1-x)}\text{S}$, corresponde a um dos sulfuretos que surge frequentemente associado à pirite, calcopirite e arsenopirite. Foi identificada em 26 lâminas delgadas, porém, apenas foi analisada pirrotite em três lâminas, das quais resultaram 26 análises. As pirrotites analisadas encontram-se disseminadas nos metassedimentos turmalinizados com mineralização em scheelite e apatite. As análises e os respectivos cálculos estequiométricos, efectuados na base de 1 S, encontram-se tabelados no anexo 2.3.9.

Os resultados analíticos obtidos demonstram que as pirrotites analisadas possuem uma composição química relativamente homogênea, a qual é caracterizada por uma média de $\text{Fe}_{0.86}\text{S}$, revelando déficit em Fe (de 0.14 *a.p.f.u.*). Não foram portanto registados conteúdos relevantes em elementos traço, salientando-se apenas a detecção de Cu (até 0.01 *a.p.f.u.*), Ni (até 0.005 *a.p.f.u.*) e Zn (até 0.002 *a.p.f.u.*).

VI.4.4 Galena

A galena (PbS) foi somente observada no intervalo definido por rochas encaixantes com turmalinização. A galena identificada surge em cristais anédricos de dimensões pequenas, com triângulos de arrancamento bem visíveis e geralmente associada a outros minerais como pirite, esfalerite, rútilo e arsenopirite (figura VI.23). Praticamente todas as galenas identificadas encontram-se disseminadas nos metassedimentos onde está imposta a mineralização em W, materializada por scheelites. As principais substituições que podem ocorrer na estrutura da galena são entre o Pb, Sb, Ag, Zn e Fe. No total foram efectuadas 16 análises de MSE. O cálculo estequiométrico das galenas foi realizado na base do total de iões presentes na estrutura da galena ($\text{Pb}+\text{S}=2$) e as tabelas com os respectivos cálculos encontram-se no anexo 2.3.10.

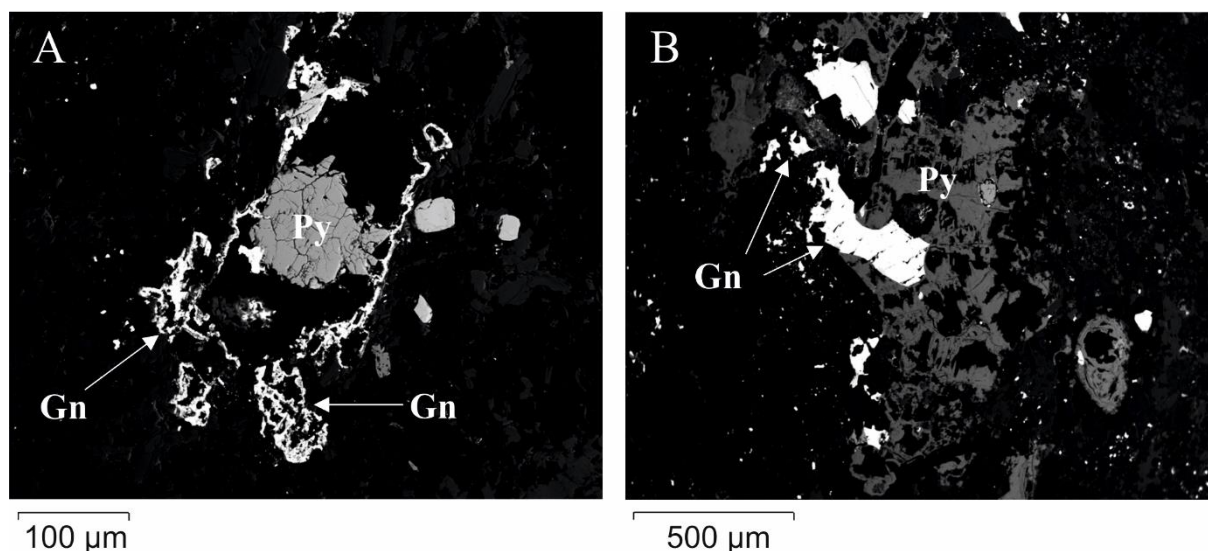


Figura VI.23- Imagens de electrões retrodifundidos. A- Bordos do cristal de pirite a sofrerem digestão por parte da galena; B- Diversos cristais de galena inclusos na pirite.

As galenas analisadas revelam composição química homogênea e praticamente pura com valores de $\bar{X}_{\text{Pb}} = 1$ *a.p.f.u.* e $\bar{X}_{\text{S}} = 1$ *a.p.f.u.*, a variar na ordem das centésimas. Para além dos elementos principais (Pb e S), as galenas contêm valores traço pouco relevantes de outros elementos tais como Fe (até 1630 ppm), Te (até 940 ppm), Zn (até 920 ppm), Sb (até 900 ppm) e Ag (até 250 ppm), confirmando-se a fraca contribuição de elementos menores e traço para a composição das galenas analisadas.

VI.4.5 Esfalerite

A esfalerite (ZnS) corresponde a um sulfureto que pode hospedar na sua estrutura quantidades apreciáveis de Fe^{2+} , para além de diversos elementos menores e traço tais como Cd, Mn, Cu, W, Sn, entre outros (Cook *et al.*, 2009). A esfalerite representa o principal mineral de zinco tendo sido identificada nos metassedimentos com turmalinização e em diversas estruturas como veios de quartzo, veios de apatite, veios de granada e cassiterite. Foram observadas, no mínimo, duas gerações de esfalerite, caracterizadas por cristais anédricos porosos e por cristais recristalizados, alguns com estanita (num veio de quartzo) e outros com covelite (num veio de granada e cassiterite) nos bordos (figura VI.24). No total, foram realizadas 34 análises por MSE a esfalerites, das quais 17 em veios e 17 nas rochas encaixantes. As análises obtidas e os respectivos cálculos, efectuados na base do total de posições existentes na estrutura da esfalerite ($\text{Zn}+\text{S}=2$) encontram-se tabelados no anexo 2.3.11.

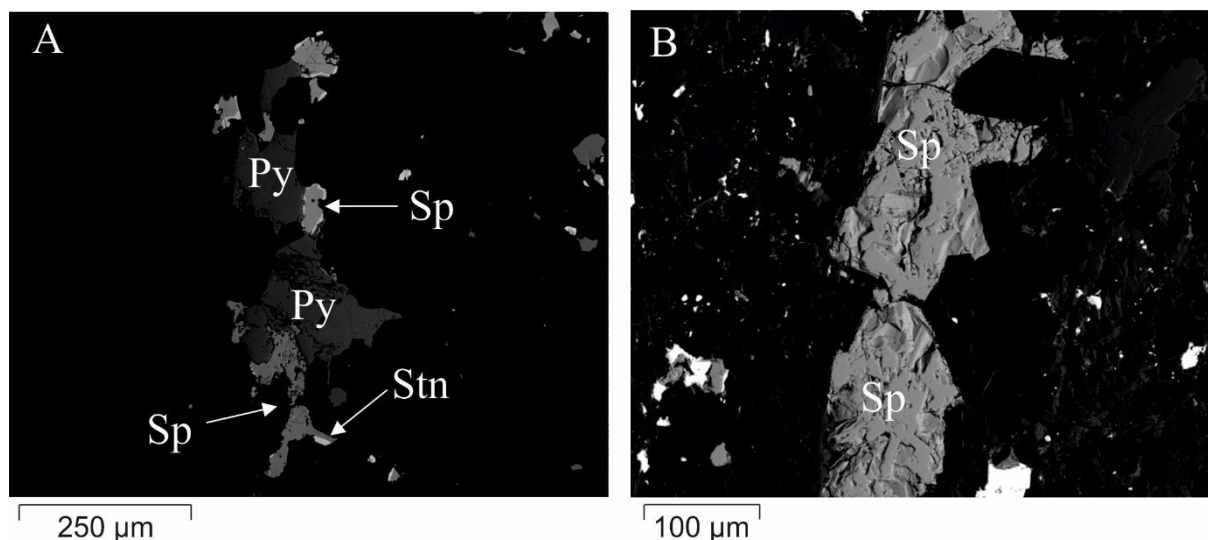


Figura VI.24- Imagens de electrões retrodifundidos. A- Associação entre pirite e esfalerite com estanita nos bordos (lâmina S8.44.15); B- Um grão de esfalerite porosa (lâmina S11.70.40).

Os dados obtidos das esfalerites analisadas indicam um ligeiro desvio relativamente à composição ideal com valores de Zn ($\bar{X} = 0.84$ a.p.f.u.), S ($\bar{X} = 1.01$ a.p.f.u.) e Fe ($\bar{X} = 0.14$ a.p.f.u.) variáveis. O excesso em S (> 1 a.p.f.u.) e défice em Zn (< 1 a.p.f.u.) é constante em quase todas as esfalerites analisadas (figura VI.25-A), o que provavelmente representa erros de origem analítica. Através da figura VI.25-B constata-se que, uma vez que os dados obtidos projectam-se abaixo da recta de substituição 1:1, existem outros elementos para além do Fe que incorporam a posição do Zn, tais como o Cd e o Mn. Apesar dos conteúdos em Fe serem mais notórios nas esfalerites presentes no veio de granada e cassiterite (com $\text{Fe}_{0.14-0.16}$ a.p.f.u.), também se verificam nas restantes esfalerites. O Cd e o Mn correspondem aos elementos menores que revelam maior expressão na composição das esfalerites. Através da distribuição dos valores de Cd (figura VI.25-C), distinguem-se 3 populações de esfalerites caracterizadas por $\text{Cd}_{8600-10150}$ ppm para as esfalerites presentes no veio de granada e cassiterite; $\text{Cd}_{12900-17900}$ ppm para a maioria das esfalerites presentes nas rochas encaixantes turmalinizadas; $\text{Cd}_{3450-7670}$ ppm para as esfalerites presentes nos diversos veios de quartzo mineralizados e para as esfalerites inclusas em arsenopirites. Com base na distribuição dos conteúdos em Mn (figura VI.25-D) observam-se duas populações distintas, definidas por $\text{Mn}_{4000-5000}$ ppm para as esfalerites dos veios de granada e cassiterite e $\text{Mn} < 2000$ ppm para as restantes esfalerites. Os conteúdos elevados em Fe ($\bar{x} = 7.85$ wt. %) sugerem que as esfalerites analisadas correspondem a uma variedade de esfalerite, designada por marmatite, cuja fórmula geral é expressa por $(\text{Zn,Fe})\text{S}$.

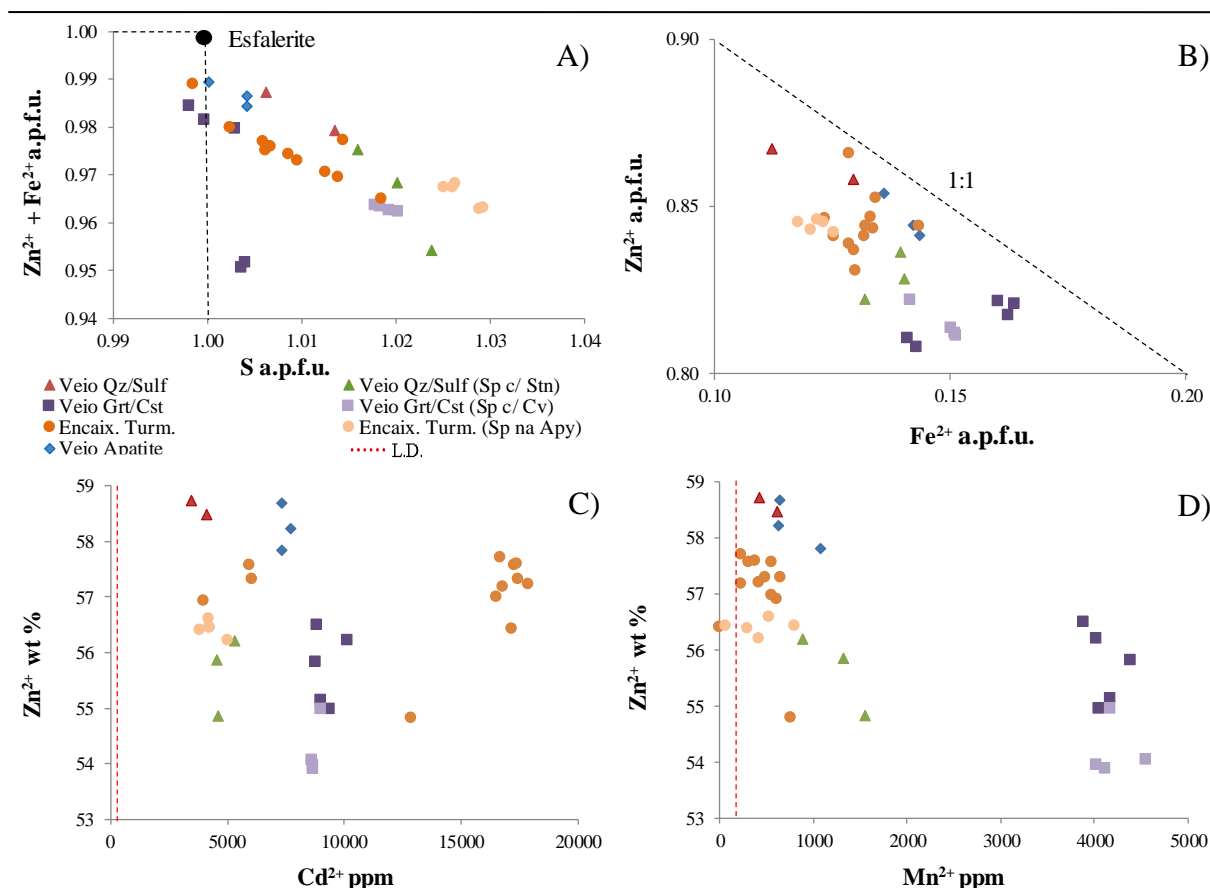


Figura VI.25- Distribuição das proporções atômicas (A) S vs. Zn+Fe, (B) Fe vs. Zn, (C) Cd vs. Zn, (D) Mn vs. Zn, do total de esfalerites analisadas. As análises foram agrupadas segundo critérios texturais em: esfalerite no veio de quartzo e sulfuretos (Veio Qz/Sulf); esfalerit no veio de granada e cassiterite (Veio Grt/Cst); esfalerit no veio de apatite (Veio Apatite.); esfalerit com estanita nos bordos, disseminada no veio de quartzo e sulfuretos (Veio Qz/Sulf (Sp c/ Stn)); esfalerite com covelite nos bordos, disseminada no veio de granada e cassiterite (Veio Grt/Cst (Sp c/ Cv)); esfalerit disseminada nas rochas encaixantes turmalinizadas (Encaix. Turm.); esfalerit inclusa na arsenopirite, disseminada nas rochas encaixantes turmalinizadas (Encaix. Turm. (Sp na Apy)).

VI.4.6 Greenockite

Não obstante a greenockite (CdS) não ter sido mencionada em trabalhos anteriores relativos à área em estudo, nem ter sido reconhecida ao microscópio, foi identificada numa amostra do veio de granada e cassiterite através de imagens de electrões retrodifundidos na MSE. O sulfureto de cádmio, reconhecido em microfraturas na esfalerite (figura VI.26), ocorre muito raramente e revela dimensões bastante reduzidas. Por conseguinte, a recolha de um número de análises com qualidade e estatisticamente representativas foi bastante dificultada, tendo sido apenas obtidas quatro análises pontuais válidas. As análises e os respectivos cálculos estequiométricos, efectuados na base do total de iões presentes na estrutura do sulfureto, encontram-se tabelados no anexo 2.3.12. O sulfureto de cádmio é correntemente designado pelos polimorfos greenockite (sistema hexagonal) ou hawleyite (sistema isométrico). Os resultados obtidos indicam que os cristais analisados denotam deficiência em Cd (< 0.96 a.p.f.u.), que é compensada por valores de Zn ($\bar{X} = 0.09$ a.p.f.u.). Por outro lado, os valores de S ($\bar{X} = 0.98$ a.p.f.u.) correspondem aproximadamente aos ideais. Registaram-se também conteúdos traço de Fe, W, Mn e Cu que não atingem mais do que 0.01 a.p.f.u. Os dados demonstram assim a possível existência de uma solução sólida entre os sistemas ZnS e CdS, materializada na origem da greenockite zincífera, a qual é definida pela fórmula geral $(\text{Cd}_{0.65}\text{Zn}_{0.35})\text{S}$ (Tombros *et al.*, 2005). No caso dos cristais analisados, a componente zincífera é muito menos relevante, traduzindo-se numa composição aproximada de $(\text{Cd}_{0.92}\text{Zn}_{0.09})\text{S}$, o que é compatível com os dados reportados na literatura para greenockites associadas a rochas encaixantes xistentas (Tombros *et al.*, 2005).

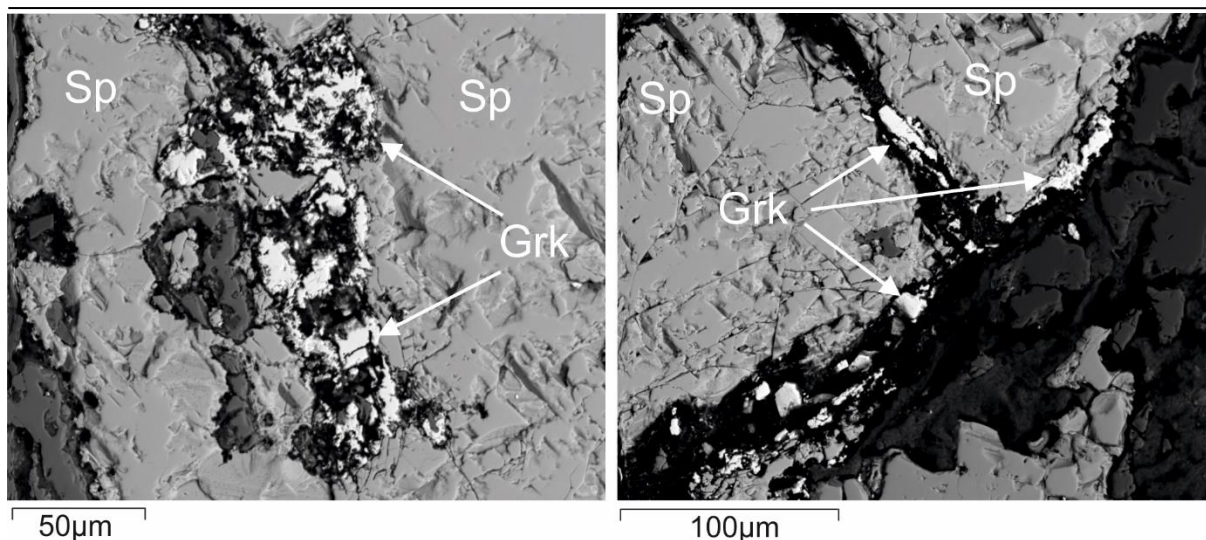


Figura VI.26 Imagens de electrões retrodifundidos de sulfuretos de cádmio a preencher microfraturas nos cristais de esfalerite.

VI.5 Silicatos

VI.5.1 Moscovite

A mica di-octaédrica, descrita habitualmente por moscovite ou sericite, pode ser representada pela fórmula geral $KAl_2[Si_3AlO_{10}](OH,F)_2$ (Bailey, 1984; Deer *et al.*, 1992). As principais substituições isomórficas que podem ocorrer na estrutura das moscovites sucedem-se na posição dodecaédrica, onde o K é substituído por Na, Rb, Cs, Ca, Ba; na posição octaédrica em que o Al é substituído por Mg, Fe^{2+} , Fe^{3+} , Mn, Li, Cr, Ti, V; e na posição tetraédrica com diferentes proporções entre o Si e Al. A moscovite, juntamente com o quartzo e a biotite, consiste num dos principais constituintes das rochas que compõem a zona de estudo, as quais podem estar acompanhadas ou não de mineralização. No geral, a moscovite revela-se incolor ou de cor acastanhada, provavelmente devido à presença de Fe na posição octaédrica. Foram identificadas diversas gerações de moscovite, caracterizadas por cristais de diferentes dimensões e tonalidades. Para os cálculos estequiométricos assumiu-se a posição tetraédrica preenchida por 4 átomos (Si_3Al), na base de 11 oxigénios. A partição do Al entre as posições octaédrica e tetraédrica depende da quantidade de Si disponível. As análises obtidas (102) e os respectivos cálculos estequiométricos encontram-se tabelados no anexo 2.3.13.

As moscovites analisadas revelam excesso de Si ($Si_{iv} > 3 \text{ a.p.f.u.}$), défice de Al ($Al_{iv} < 1 \text{ a.p.f.u.}$) e K ($K < 1 \text{ a.p.f.u.}$), relativamente à composição ideal da moscovite, e o grupo $(OH,F)_4$ é constituído essencialmente por F (até 0.37 a.p.f.u.). Não obstante o Al ocorrer em défice, a posição octaédrica encontra-se totalmente preenchida, ou mesmo com valores superiores ao ideal ($> 2 \text{ a.p.f.u.}$), para uma mica di-octaédrica, indicando um ligeiro desvio tri-octaédrico. Ao invés, a posição dodecaédrica não se encontra totalmente preenchida, verificando-se vazios entre $0.03\text{-}0.5 \text{ a.p.f.u.}$. Verifica-se uma distinção clara entre dois grupos de moscovites (figura VI.27): as moscovites do veio de apatite e do encaixante silicificado, caracterizadas por valores de Al (vi) geralmente entre $1.3 - 1.6 \text{ a.p.f.u.}$ e valores de Fe + Mg (vi) entre $0.3 - 0.5 \text{ a.p.f.u.}$; e as moscovites dos xistos negros, xistos turmalinizados, xistos cloritizados e dos veios de cassiterite e granada, definidas por valores de Al (vi) superiores (entre $1.65\text{-}1.95 \text{ a.p.f.u.}$) e consequentemente valores de Fe + Mg (vi) inferiores ($< 0.4 \text{ a.p.f.u.}$). As moscovites do encaixante cloritizado e do veio de granada são as que apresentam maiores conteúdos em Li, o qual foi estimado por balanço de cargas ($\tilde{X} = 0.34 \text{ a.p.f.u.}$, $\tilde{X} = 0.13 \text{ a.p.f.u.}$ respectivamente; anexo 2.4).

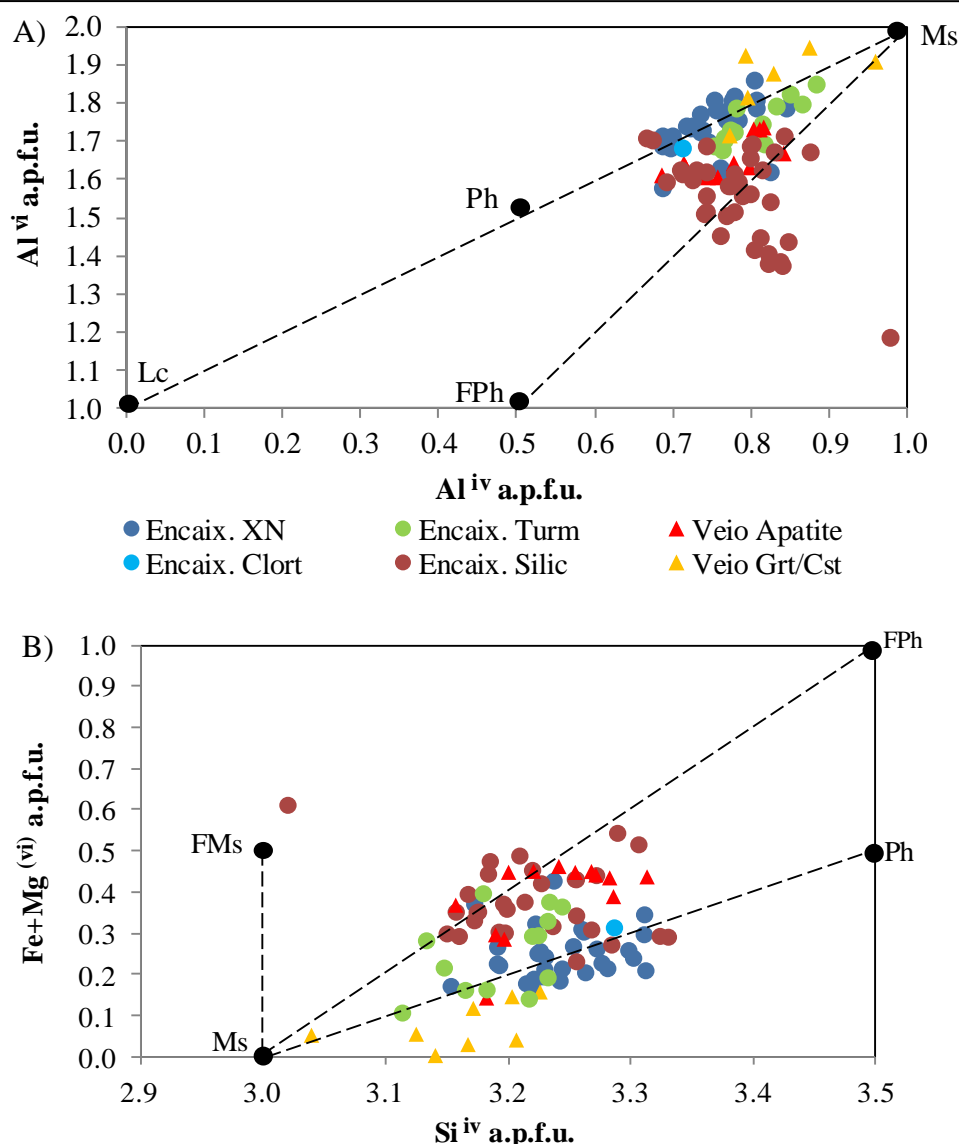


Figura VI.27– **A**- Relação entre Al da posição tetraédrica (Al^{iv}) vs. Al da posição octaédrica (Al^{vi}) das micas presentes nas diversas estruturas. **B**- Relação entre Si (iv) vs. Fe + Mg (vi) das micas presentes nas diversas estruturas (Mateus, 1996). As abreviaturas das fases minerais estão de acordo com Whitney e Evans (2010). Os extremos composicionais foram definidos com base nas suas composições ideais: moscovite (Ms) - $KAl_2(Si_3Al)O_{10}(OH,F)_2$; fengite (Ph) - $K(Al_{1.5}R^{2+}_{0.5})(Si_{3.5}Al_{0.5})O_{10}(OH,F)_2$; leucofilite (Lc) - $K(MgAl)Si_4O_{10}(OH,F)_2$; ferrifengite (FPh) - $K(Mg_{0.5}Fe^{2+}_{0.5}AlFe^{3+})(Si_{3.5}Al_{0.5})O_{10}(OH,F)_2$; ferrimoscovite (FMs) - $K(Al_{1.5}Fe^{3+}_{0.5})(Si_3Al)O_{10}(OH,F)_2$. As análises foram agrupadas segundo critérios texturais em: moscovites nos xistos negros (Encaix. XN); moscovites nas rochas cloritizadas (Encaix. Clort.); moscovites nas rochas turmalinizadas (Encaix. Turm.); moscovites nas rochas silicificadas (Encaix. Silic.); moscovites no veio de apatite (Veio Apatite); moscovites no veio de granada e cassiterite (Veio Grt/Cst).

Os dados obtidos demonstram então que o Al (vi) é incorporado, em detrimento do Al (iv), fundamentalmente entre a moscovite (Ms) e a fengite (Ph) para o caso das moscovites presentes nos xistos negros; as moscovites dos encaixantes turmalinizados e as dos veios de granada e cassiterite revelam desvios consideráveis relativamente à linha Ms-Lc; verifica-se um importante desvio em relação à linha Ms-FPh, essencialmente materializado pelas moscovites presentes no veio de apatite e nas rochas encaixantes silicificadas e acompanhadas de mineralização em W-Sn (figura VI.27-A). Os desvios composicionais descritos acima poderão ser balançados pela substituição tschermakítica, expressa por $(Mg^{2+} + Fe^{2+})^{vi} + Al^{iv} = Si^{vi} + Al^{iv}$. O desvio verificado no sentido da Ms-FPh, materializado pelas moscovites do veio de apatite e dos xistos silicificados, é compensado pela incorporação de Fe e Mg na posição octaédrica (figura VI.27-B). Na posição octaédrica ocorrem várias substituições, que representam o desvio trioctaédrico, entre o Al (vi) e diversos elementos como

Fe e Mg predominantemente e, como menor relevância Mn, Cr e Ti. Estas substituições são expressas pela correlação negativa observada na figura VI.28-A, onde se constata que as moscovites do veio de granada e cassiterite são as que revelam menor substituição ao contrário das moscovites dos xistos silicificados que apresentam uma substituição mais evidenciada. Praticamente todas as análises revelam conteúdos em F, sendo que os valores mais elevados registaram-se nas moscovites do veio de apatite e das rochas silicificadas (figura VI.28-B).

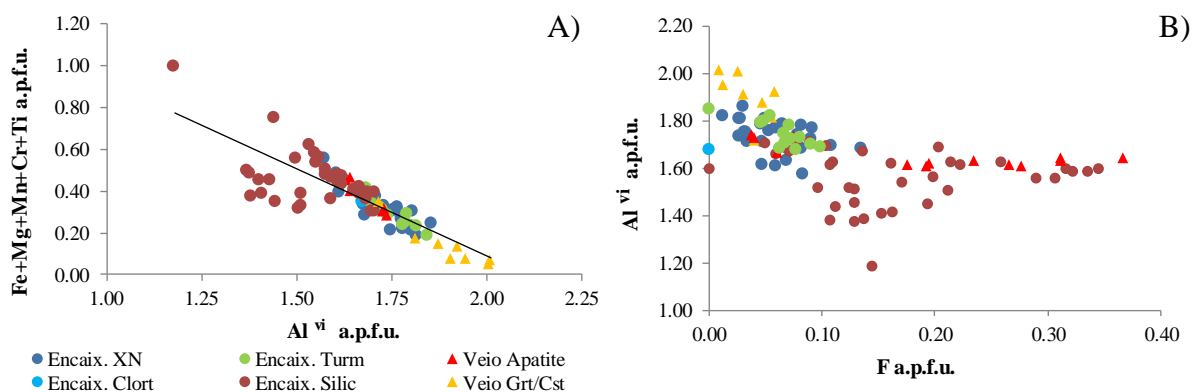


Figura VI.28- Distribuição das proporções atômicas (A) Al^{vi} vs. $Fe+Mg+Mn+Cr+Ti$ e (B) F vs Al^{vi} , em a.p.f.u., do total de moscovites analisadas. Critérios de abreviação de acordo com o estipulado na figura VI.27.

VI.5.2 Biotite

A mica tri-octaédrica, vulgarmente designada por biotite, é expressa através da fórmula geral $K(Mg,Fe^{2+})_3[Si_3AlO_{10}](OH,F)_2$ (Bailey, 1984; Deer *et al.*, 1992). As substituições que ocorrem com maior frequência na composição das biotites são as substituições na posição dodecaédrica do K por Na, Ca, Ba, Rb e Cs e as substituições na posição octaédrica por Al, Li, Mn, Ti, Fe^{3+} .

As biotites, a par das moscovites e do quartzo, definem-se como uma das principais fases minerais presentes nas rochas analisadas. Geralmente as biotites revelam tonalidades entre o castanho e esverdeado escuro, dimensões variadas e, por vezes, observam-se inclusões de zircões e rútilos. Foram realizadas 109 análises a biotites, das quais 74 em rochas encaixantes e 35 em veios mineralizados. Tal como para a moscovite, nos cálculos estequiométricos foram assumidos 4 átomos (Si_3Al) para o preenchimento da posição tetraédrica, na base de 11 oxigénios. As análises obtidas e os respectivos cálculos estequiométricos encontram-se tabelados no anexo 2.3.14.

Composicionalmente, as biotites analisadas compreendem valores de Si ($\bar{X} = 2.88$ a.p.f.u.), Al^{3+} (até 1.3 a.p.f.u. distribuídos entre as posições octaédrica e tetraédrica), Mg ($\bar{X} = 1.30$ a.p.f.u.), K ($\bar{X} = 0.77$ a.p.f.u.), Fe^{2+} ($\bar{X} = 0.78$ a.p.f.u.) e Fe^{3+} ($\bar{X} = 0.31$ a.p.f.u.) variáveis (anexo 2.4). Relativamente à composição química ideal, as biotites analisadas revelam um desvio di-octaédrico (total da posição octaédrica <3) e excesso em K_2O , embora com deficiência na posição dodecaédrica (<1 a.p.f.u.). De forma a compreender melhor as variações composicionais das biotites, foram projectadas as respectivas análises no diagrama representado na figura VI.29. Verifica-se assim que as biotites analisadas, definidas por razões $Mg/(Mg+Fe^{2+})$ superiores a 0.5 a.p.f.u. e $Al^{vi} < 1$, revelam um desvio no sentido da composição das flogopites. Salienta-se que, no geral, as biotites dos xistos turmalinizados apresentam menor componente flogopítica do que as biotites do veio de granada e cassiterite e parte das biotites dos xistos silicificados, revelando que estes dois últimos grupos possuem maiores conteúdos em Mg relativamente às biotites dos xistos turmalinizados. Os conteúdos mais elevados em Mn (0.04-0.06 a.p.f.u.) foram identificados nas biotites associadas aos veios compostos essencialmente por granada e cassiterite. O Fe^{2+} e o Mg são os elementos que apresentam maior expressão na posição octaédrica ($Fe + Mg$ até 2.5 a.p.f.u.). O diagrama da figura VI.30

demonstra o desvio composicional das micas trioctaédricas analisadas relativamente ao termo ideal (linha a tracejado superior), revelando um desvio no sentido das micas dioctaédricas. Os extremos composicionais da recta definida para as micas trioctaédricas são definidos como biotite (extremo esquerdo) e “eastonite” (extremo direito).

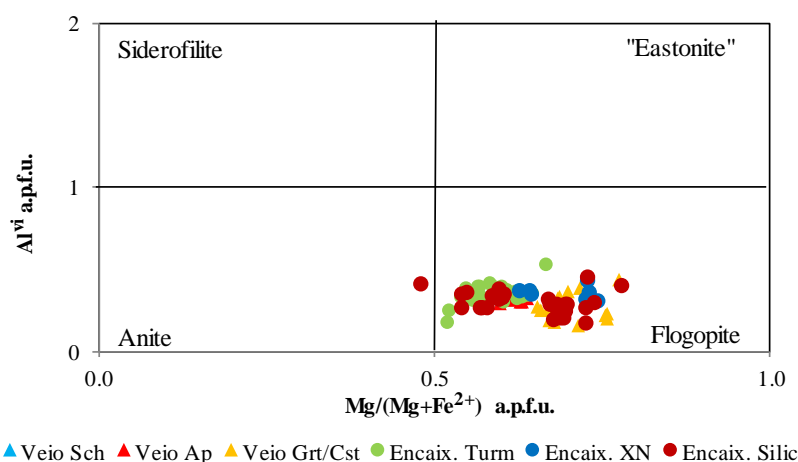


Figura VI.29- Distribuição das biotites analisadas com base no diagrama Al (vi) vs. Mg/(Mg+Fe) (adaptado de Guidotti, 1984). Os extremos composicionais foram definidos com base nas suas composições ideais: Siderofilite – $KFe_2Al(Al_2Si_2O_{10})(OH)_2$; “Eastonite” – $KMg_2Al(Al_2Si_2O_{10})(OH)_2$; Anite – $KFe_3(AlSi_3O_{10})(OH)_2$; Flogopite – $KMg_3(AlSi_3O_{10})(OH)_2$ (Deer et al., 1992). O mineral $KMg_2Al(Al_2Si_2O_{10})(OH)_2$, foi em tempos designado por “eastonite” porém, actualmente, esse nome foi abandonado. Apenas está referido como “eastonite” para melhor compreensão. As análises foram agrupadas segundo critérios texturais em: biotites no veio de scheelite (Veio Sch.); biotites no veio de apatite (Veio Ap); biotites no veio de granada e cassiterite (Veio Grt/Cst); biotites nas rochas xistos negros (Encaix. XN); biotites nas rochas silicificadas (Encaix. Silic.); biotites nas rochas turmalinizadas (Encaix. Turm.).

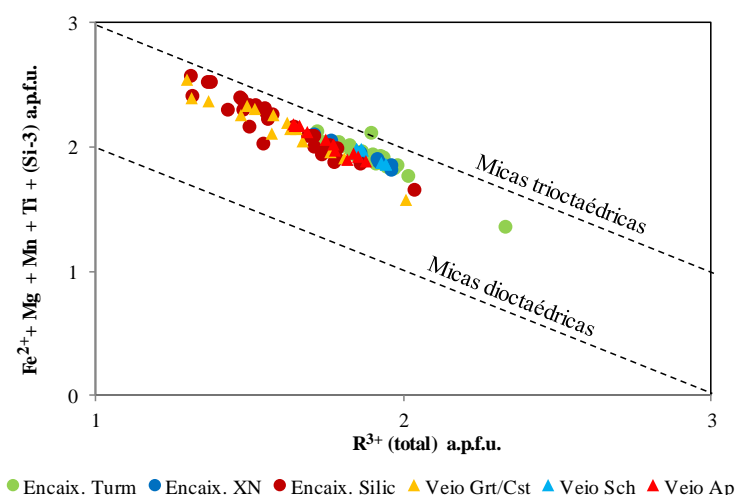


Figura VI.30- Projeção dos conteúdos catiónicos (por unidade de fórmula) das micas analisadas segundo a relação Al^{total} vs. $Fe^{2+} + Mg + Mn + Ti + (Si-3)$, denunciando os desvios da composição ideal das micas trioctaédricas (adaptado de Brown, 1968 e Tracy, 1978 em Guidotti, 1984). Critérios de abreviação de acordo com o estipulado na figura VI.29.

A generalidade das biotites analisadas apresenta conteúdos em Li (estimado por balanço de cargas) que podem atingir até 0.4 a.p.f.u. de Li. Os valores mais elevados registam-se nas biotites dos xistos silicificados e dos veios de granada e cassiterite, diretamente relacionados com os conteúdos mais elevados em Mg. Os valores de F revelam uma correlação negativa com o $Al^{(iv)}$, variando entre 0.2-0.8 a.p.f.u. (figura VI.31-A). Salienta-se que os valores mais elevados de F, tal como se verifica para o Li, correspondem às biotites dos xistos silicificados e do veio de granada e cassiterite, relacionados também com os conteúdos mais elevados em Mg (figura VI.31-B), ao passo que os valores mais baixos correspondem às biotites dos xistos negros e dos xistos turmalinizados.

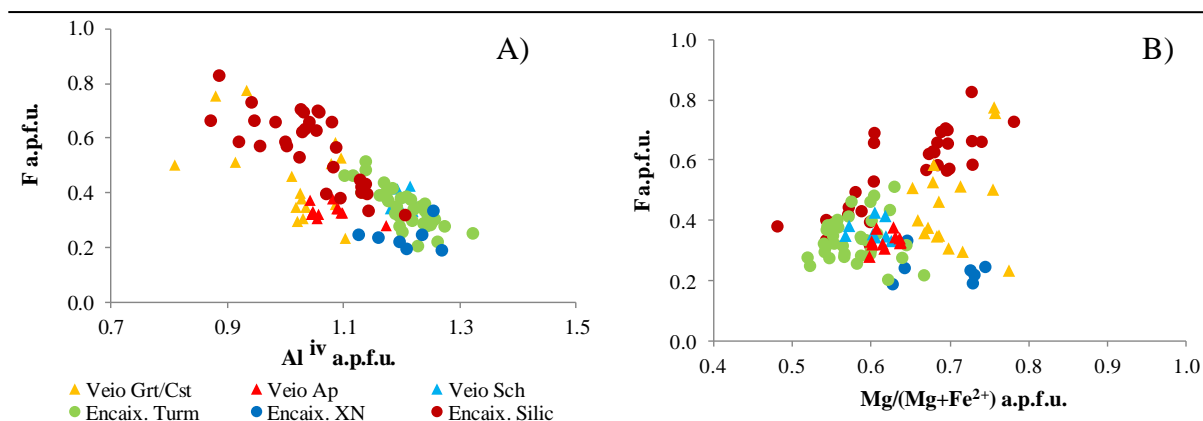


Figura VI.31- Distribuição das proporções atômicas (A) Al (iv) vs. F e (B) Mg/(Mg+Fe) vs. F, em a.p.f.u., do total de biotites analisadas. Critérios de abreviação de acordo com o estipulado na figura VI.29.

VI.5.3 Grupo da Clorite

Os minerais do grupo da clorite possuem uma composição química que pode ser representada pela fórmula geral $[R^{2+}, R^{3+}]^{vi}_6 [Si_{4-x} R_x^{3+}]^{iv} O_{10}(OH)_8$, em que $R^{2+} = Mg, Fe^{2+}, Mn, Ni, Zn$; $R^{3+} = Al, Fe^{3+}, Cr$ e $x \approx 1-3$ (Bayliss, 1975; Deer *et al.*, 1992). A clorite, apesar de identificada de forma disseminada em diversas lâminas, tanto em veios como nos metassedimentos, ocorre maioritariamente num intervalo (35-69 m) da sondagem S8, definido como intervalo de cloritização intensa, em associação com granadas, cassiterites e scheelites. A anisotropia dos cristais de clorite varia de azul forte a esverdeado escuro. Foram realizadas 40 análises pontuais por MSE em diversos veios mineralizados em scheelite e apatite e na rocha encaixante xisto negro. Para os cálculos estequiométricos foi assumido o preenchimento total da posição tetraédrica (4 a.p.f.u.), na base de 14 oxigénios. A partição do alumínio pelas posições de coordenação tetraédrica e octaédrica foi estabelecida de acordo com o conteúdo em silício na posição tetraédrica. As análises obtidas e os respectivos cálculos estequiométricos encontram-se tabelados no anexo 2.3.15.

As clorites analisadas são composicionalmente definidas por elementos maiores com conteúdos de Si ($\bar{X} = 2.87$ a.p.f.u.), Fe ($\bar{X} = 2.10$ a.p.f.u.), Al (até 2.6 a.p.f.u., distribuídos pelas posições tetraédrica e octaédrica) e Mg ($\bar{X} = 2.51$ a.p.f.u.) variáveis e possuem conteúdos traço em Mn, K, Zn e Cr não excedendo os 0.08 a.p.f.u. Baseado no diagrama $Fe^{2+}:R^{2+}$ versus Si (figura VI.32), as clorites analisadas podem ser definidas como brunsvigite, as quais são representadas pela fórmula geral $(R^{3+}_{0.9-2.2}R^{2+}_{3.9-5.1})_{5.6-6}(Si_{2.8-3.1}Al_{1.2-0.9})O_{10}(OH)_8$, salientando-se que as clorites do veio de apatite são as que revelam maiores conteúdos em Fe^{2+} . Existem diversos mecanismos de substituição catiónica para explicar a variação composicional que as clorites podem exibir. Apesar de se verificar, de acordo com a figura VI.33, um desvio composicional relativamente à linha ideal do binário clinocloro $[(Mg_5Al)(Si_3Al)O_{10}(OH)_8]$ – chamosite $[(Fe^{2+}_5Al)(Si_3Al)O_{10}(OH)_8]$, a variação composicional da maioria das análises é justificada pelos diferentes conteúdos de Fe^{2+} e Mg na posição octaédrica, presentes em cada análise efectuada. Segundo a relação Mg vs. Fe^{2+} , podem então ser definidas duas famílias composicionais de clorites: as clorites analisadas presentes no veio de apatite, que se aproximam da composição da chamosite; e as clorites do veio de scheelite e do xisto negro, que se desviam segundo a composição do clinocloro (figura VI.33). Uma vez que existe um desvio em relação à linha ideal clinocloro-chamosite, é justificável suspeitar o envolvimento de outros mecanismos de substituição presentes na composição das clorites. Por observação da figura VI.34, verifica-se que, de facto, os vazios da posição octaédrica ($\square_{0.03-0.14}$ a.p.f.u.) são gerados devido aos mecanismos de substituição que ocorrem nas clorites analisadas, o que é confirmado pela proporcionalidade entre o somatório de $Si^{iv} - 2\square^{vi}$ vs. $(Fe^{2+} + Mg)^{vi}$ e total^{vi} vs. $(Al + 2Ti + Cr)^{vi}$. Os desvios composicionais relativamente à composição ideal da clorite $[(Mg_5Al)(Si_3Al)O_{10}(OH)_8]$,

assumindo a clorite magnesianas como referência, exibidos pelas clorites analisadas são portanto justificados pelas substituições referidas acima.

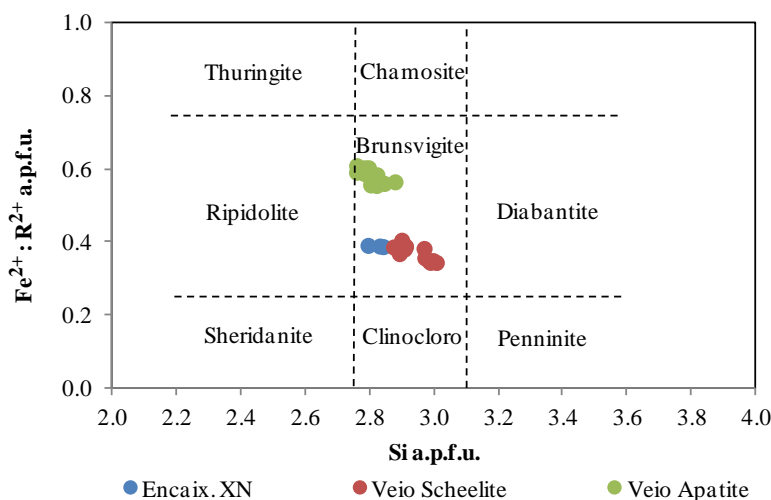


Figura VI.32- Diagrama de classificação com base nos dois principais tipos de troca iônica: Si vs. Fe^{2+}/R^{2+} (Foster, 1962). As análises foram agrupadas segundo critérios texturais em: clorites disseminadas nas rochas encaixantes xistos negros (Encaix. XN); clorites presentes no veio de scheelite (Veio Scheelite); clorites presentes no veio de apatite (Veio Apatite).

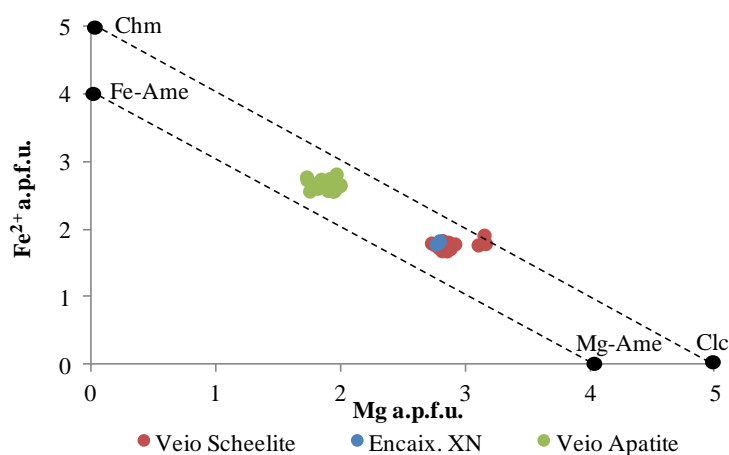


Figura VI.33- Distribuição das proporções atômicas Mg vs. Fe^{2+} (em a.p.f.u.) para a totalidade de clorites analisadas (Codeço, 2015). Os extremos composicionais foram definidos com base na sua composição: Chamosite (Chm), Clinocloro (Clc), Ferro-amesite (Fe-Ame), Magneso-amesite (Mg-Ame). Critérios de abreviação de acordo com o estipulado na figura VI.32.

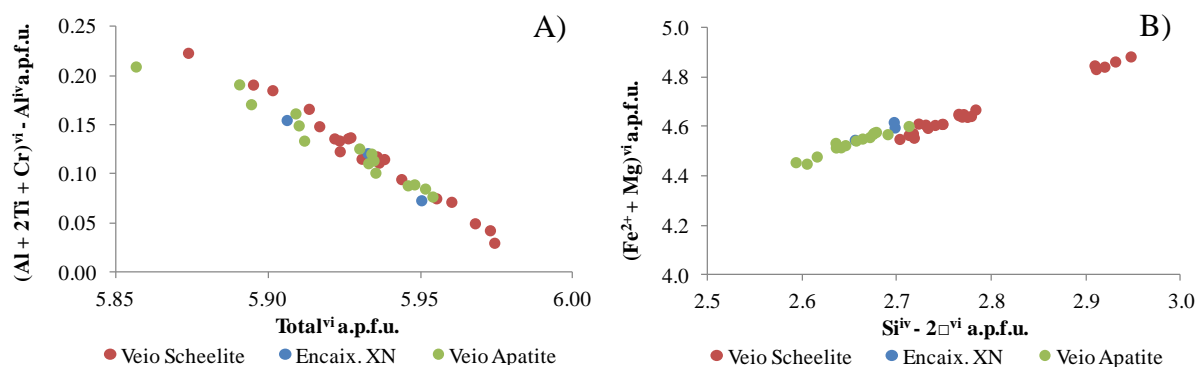


Figura VI.34- Distribuição das proporções atômicas (A) $Total^{vi}$ vs. $(Al + 2Ti + Cr)^{vi}$ e (B) $Si^{iv} - 2□^{vi}$ vs. $(Fe^{2+} + Mg)^{vi}$, em a.p.f.u., para a totalidade de análises realizadas nos cristais de clorite. Critérios de abreviação de acordo com o estipulado na figura VI.32.

Através da projecção dos catiões divalentes ($R^{2+} = \text{Mg} + \text{Fe}^{2+} + \text{Mn}^{2+} + \text{Zn}$) vs. Si (iv) (figura VI.35) verifica-se que a composição das clorites analisadas se aproxima da composição ideal do clinocloro-chamosite verificando-se, porém, um deslocamento no sentido da composição da amesite.

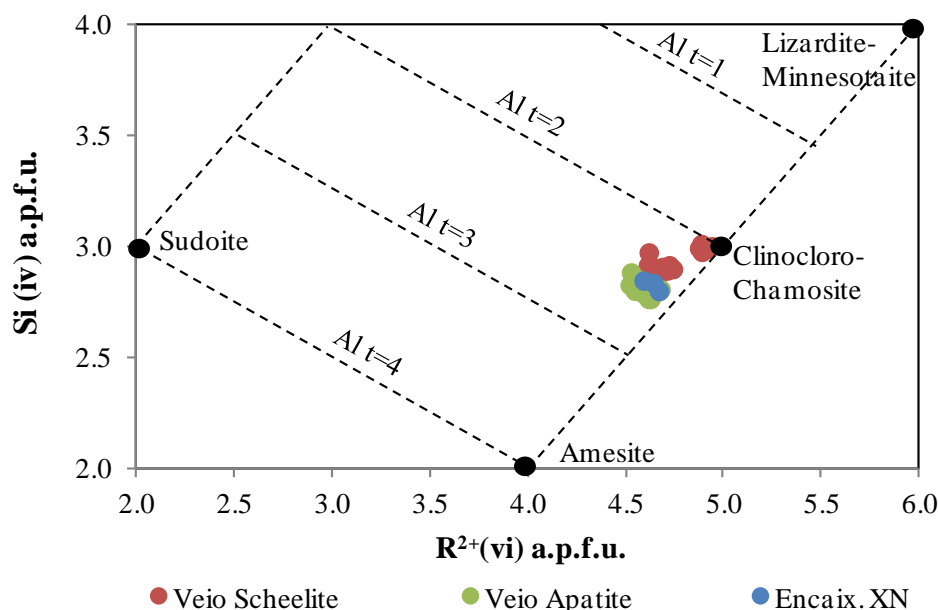


Figura VI.35- Projecção do total de catiões divalentes na posição octaédrica $R^{2+}(\text{vi})$ vs. Si (iv) (adaptado de Wiewóra e Weiss, 1990) para a totalidade das análises efectuadas em clorites. Os extremos composicionais foram definidos com base nas composições ideais dos mesmos: amesite $[(\text{Mg}_4\text{Al}_2)(\text{Al}_2\text{Si}_2)\text{O}_{10}(\text{OH})_8]$, clinocloro-chamosite $[(\text{Mg}, \text{Fe}^{2+})_5\text{Al}](\text{Si}_3\text{AlO}_{10})(\text{OH})_8$, lizardite-minnesotaite $[\text{Mg}_6(\text{Si}_4\text{O}_{10})(\text{OH})_8]$ e sudoite $[(\text{Mg}_2\text{Al}_3)(\text{AlSi}_3)\text{O}_{10}(\text{OH})_4]$. Critérios de abreviação de acordo com o estipulado na figura VI.32.

VI.5.4 Turmalina

As turmalinas constituem um grupo mineral expresso através da fórmula geral $(\text{XY}_3\text{Z}_6(\text{T}_6\text{O}_{18})(\text{BO}_3)_3(\text{O}, \text{OH})_3(\text{W}))$ em que a posição X = Na^+ , Ca^{2+} , K^+ e X^\square ; Y = Fe^{2+} , Mg^{2+} , Mn^{2+} , Mn^{3+} , Al^{3+} , Li^+ , Fe^{3+} e Cr^{3+} ; Z = Al^{3+} , Fe^{3+} , Mg^{2+} e Cr^{3+} ; T = Si^{4+} , Al^{3+} e B^{3+} ; B = B^{3+} ; W = OH^- , F^- . Foi reconhecido um intervalo de turmalinização intensa ($\approx 10\text{m}$) nas sondagens S1 e S11, imposta tanto nos metassedimentos como nos veios. As turmalinas surgem em secções basais e secções tabulares, exibindo zonamentos composicionais bem visíveis, o que permite identificar à partida duas a três gerações de turmalina distintas (figura VI.36). Foram realizadas 93 análises por MSE e no cálculo da distribuição atómica por unidade de fórmula foi assumido B estequiométrico, um total de 12 catiões para Z+T e balanço de cargas para estimar os valores de Li e a partição $\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}^{3+}$. O Li estimado resulta da soma dos catiões da posição Y (3 a.p.f.u.) menos a soma dos restantes catiões que podem ocupar a posição Y. As análises obtidas e os respectivos cálculos estequiométricos encontram-se tabelados no anexo 2.3.16. A tabela VI.7 sumariza as análises representativas das turmalinas dos veios e das rochas encaixantes (núcleos/bordos). Segundo Henry *et al.* (2011) as turmalinas podem inicialmente ser distribuídas por grupos distintos de acordo com a ocupação da posição principal X. Caso a posição X seja predominantemente ocupada por Na+K ou vazios (X^\square) e a posição Z ocupada maioritariamente por Al é possível ainda determinar o subgrupo a que as turmalinas pertencem (figura VI.37- B).

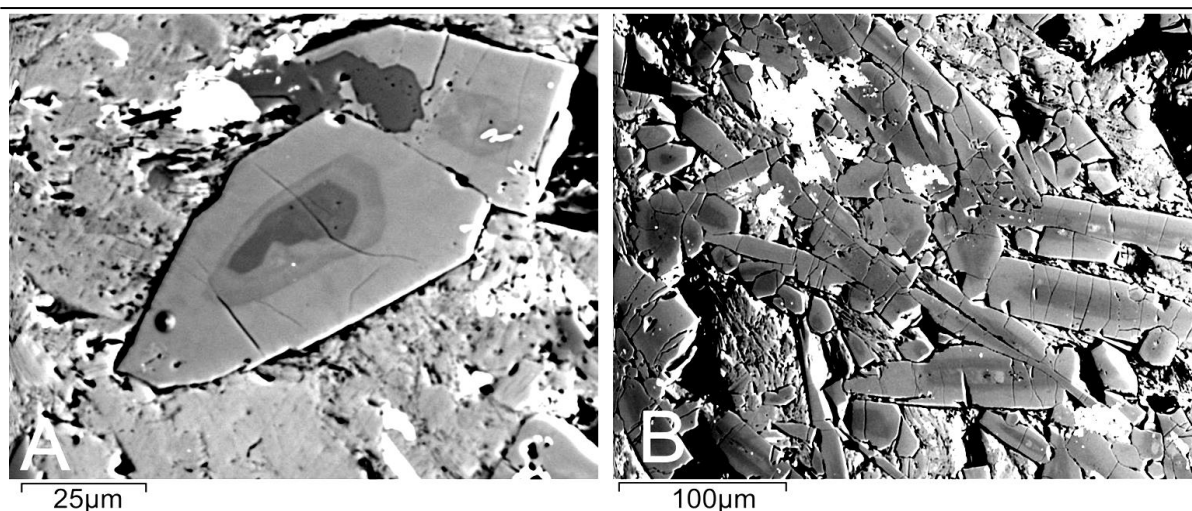


Figura VI.36- Imagens de electrões retrodifundidos de turmalinas zonadas no encaixante turmalinizado, onde é possível observar no mínimo duas a três gerações distintas. Correspondência das amostras: A- S1.76.75; B- S1.76.95.

Tabela VI.7- Análises representativas das turmalinas analisadas. * Li_2O é estimado. Lâminas correspondentes: 1- Veio de apatite (S1.76.75.L1); 2- Veio de biotite (S1.81.60); 3- Encaixante (bordo) (S1.76.75.L1); 4- Encaixante (núcleo) (S1.76.95.L2).

wt. %	1	2	3	4	a.p.f.u.	1	2	3	4
TiO_2	0.26	0.43	0.52	0.52	Ti	0.032	0.052	0.064	0.063
SiO_2	36.63	37.03	36.67	36.90	Si	5.990	5.983	5.979	5.979
Fe_2O_3	5.37	3.06	6.55	4.19	Fe³⁺	0.660	0.372	0.804	0.511
Cr_2O_3	0.07	0.07	0.08	0.13	Cr	0.009	0.008	0.010	0.017
Al_2O_3	31.22	31.86	30.21	31.17	Al	6.017	6.066	5.806	5.952
FeO	4.62	4.04	2.99	1.81	Fe²⁺	0.632	0.546	0.408	0.246
CaO	0.21	0.71	0.33	0.96	Ca	0.036	0.123	0.058	0.167
MgO	4.59	6.47	5.48	7.55	Mg	1.119	1.558	1.332	1.823
K₂O	0.06	0.01	0.06	0.02	K	0.012	0.001	0.013	0.004
Na₂O	2.26	2.09	2.41	1.64	Na	0.717	0.656	0.762	0.515
Li₂O*	0.77	0.59	0.84	0.57	Li	0.509	0.385	0.553	0.374
F	0.60	0.17	0.44	0.21	F	0.311	0.085	0.227	0.105
Total	100.59	100.94	100.73	100.01					

As turmalinas das amostras pertencentes às sondagens S1 e S11, independentemente da rocha hospedeira, correspondem ao grupo das turmalinas alcalinas uma vez que a posição X é ocupada maioritariamente por Na+K, pertencem ao subgrupo das turmalinas em que a posição Z = Al ($\bar{X}_{\text{Al}} = 5.88$ a.p.f.u.) e a posição Y é dominada por catiões R^{2+} (Zn, Fe, Mg e Mn) ao invés de Li (figura VI.37-A) e classificam-se no geral como dravites (figura VI.37-B). Relativamente à posição W, uma vez que é ocupada, cerca de 96%, pelo anião OH^- ($\bar{X} = 3.82$ a.p.f.u.) remete as turmalinas analisadas para a espécie de turmalinas hidróxidas. Os resultados mostram a existência de, pelo menos, duas populações distintas de turmalina hidrotermal, ocasionalmente com núcleos herdados de turmalina metamórfica (figs. VI.38 e VI.39). As turmalinas de 1ª geração, caracterizadas por valores de Ca e Mg mais elevados e valores de Fe_{Total} ($\text{Fe}_{\text{Total}} = \text{Fe}^{2+} + \text{Fe}^{3+}$) e F mais baixos, correspondem aos núcleos das turmalinas do encaixante turmalinizado, às turmalinas dos veios de quartzo e biotite não mineralizados e às turmalinas do encaixante xisto negro. Ao invés, as turmalinas de 2ª geração, que revelam valores mais baixos em Mg e Ca e mais elevados em Fe_{Total} e F, encontram-se materializadas nos bordos das turmalinas das rochas encaixantes turmalinizadas e nas turmalinas associadas à mineralização de W-Sn, quer nos veios com apatite e sulfuretos, quer nas rochas encaixantes com mineralização de W-Sn disseminada.

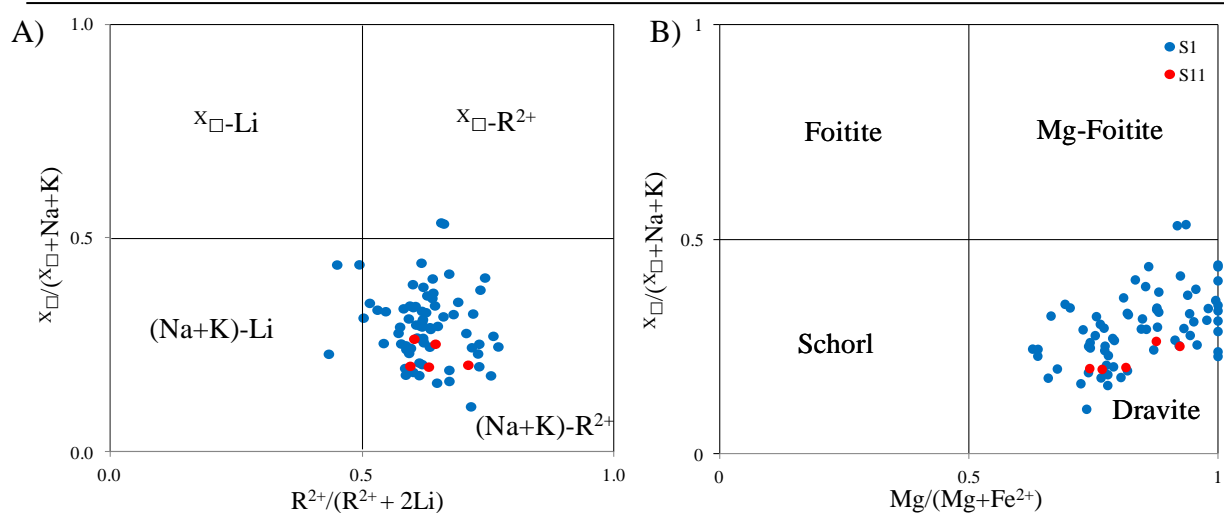


Figura VI.37- **A-** Diagrama binário para a determinação do subgrupo das turmalinas alcalinas, utilizando a razão $R^{2+}/(R^{2+}+2Li)$ vs. $X_{\square}/(X_{\square}+Na+K)$; **B-** Diagrama binário de classificação da espécie de turmalina com base na razão $Mg/(Mg+Fe)$ vs. $X_{\square}/(X_{\square}+Na+K)$; (Henry et al., 2011). As análises foram agrupadas em: sondagem S11; sondagem S1.

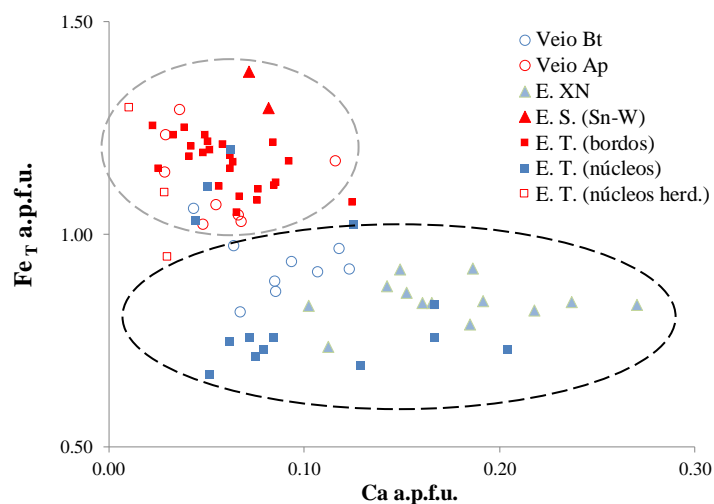


Figura VI.38- Distribuição das proporções atômicas de Ca vs. Fe_{total} , em a.p.f.u., da totalidade de turmalinas analisadas. Os círculos a tracejado distinguem as duas gerações (1ª - círculo preto; 2ª - círculo cinzento). As análises foram agrupadas segundo critérios texturais em: veio de biotite (Veio Bt.); veio de apatite (Veio Ap); encaixante xisto negro (E. XN); encaixante silicificado com mineralização em W-Sn (E. S. (W-Sn)); bordos de turmalina presente no encaixante turmalinado (E. T. (bordos)); núcleos de turmalina presente no encaixante turmalinado (E. T. (núcleos)); núcleos herdados de turmalina do encaixante turmalinado (E. T. (núcleos herd.)).

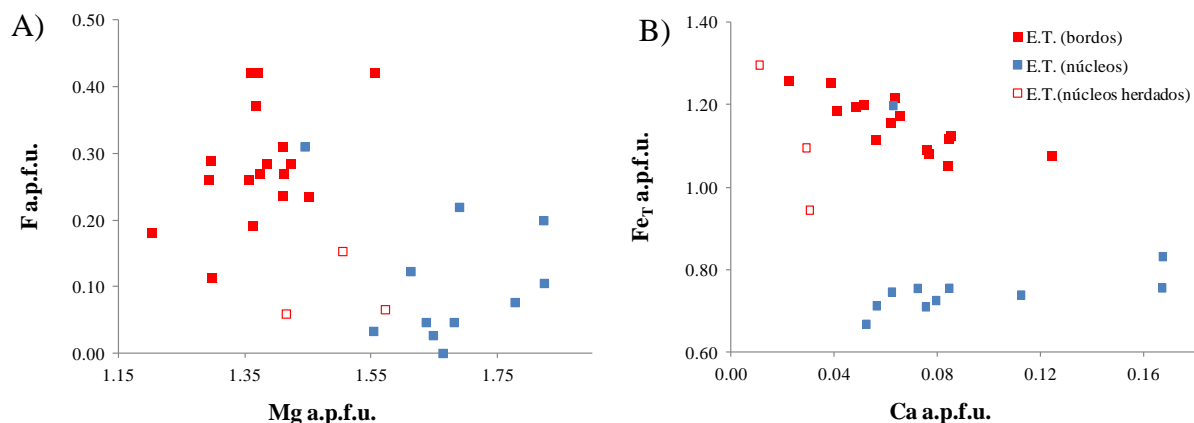


Figura VI.39- Distribuição das proporções atômicas (A) Mg vs. F e (B) Ca vs. Fe_T do total de análises realizadas em núcleos e bordos de turmalinas correspondentes a uma amostra (S1.76.95.L2) de encaixante turmalinado. Critérios de abreviação de acordo com o estipulado na figura VI.38.

VI.5.5 Grupo da Granada

O grupo das granadas é composto por diversas espécies isomórficas ou isoestruturais, definidas segundo a fórmula geral $X_6Y_4Z_6O_{24}$, onde a posição X pode ser ocupada por Ca, Mg, Fe^{2+} , Mn^{2+} , Y e Zn; a posição Y ocupada por Al, Fe^{3+} , Cr, Ti, V, Sn e Zr; e a posição Z ocupada por Si, Al, Fe^{3+} . De acordo com estas variações composicionais, o grupo das granadas pode ser dividido em duas séries principais: a série da pirlspite, sem Ca na posição X e a posição Y preenchida por Al, definida pelos termos composicionais piropo ($Mg_6Al_4Si_6O_{24}$), almandina ($Fe_6Al_4Si_6O_{24}$) e espessartina ($Mn_6Al_4Si_6O_{24}$); e a série da ugrandite, em que a posição X é preenchida por Ca e a posição Y varia entre Al, Fe^{3+} e Cr, e é definida pelos termos composicionais uvarovite ($Ca_6Cr_4Si_6O_{24}$), grossulária ($Ca_6Al_4Si_6O_{24}$) e andradite ($Ca_6Fe^{3+}_4Si_6O_{24}$) (Deer *et al.*, 1992).

Foram distinguidas duas gerações de granada, a primeira geração (Grt I) definida pela sua anisotropia azulada e cor esbranquiçada e a segunda geração (Grt II) por ser isotrópica e ligeiramente mais rosada (figura VI.40- A, B, D). Por vezes identificaram-se inclusões de scheelite, covelite e cassiterite bem como esfalerite e moscovite a preencher fraturas. Foram, também, observados zonamentos composicionais que realçam as diversas fases de crescimento dos cristais (figura VI.40- C).

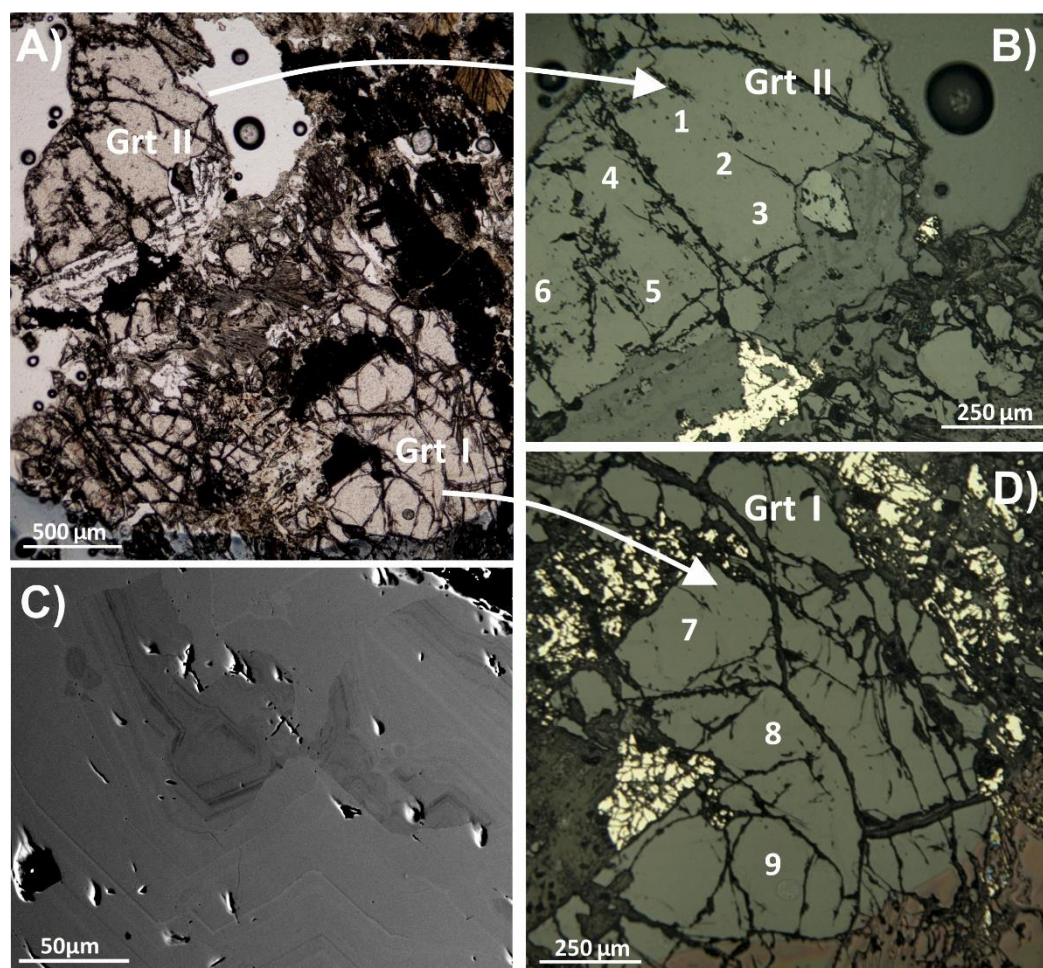


Figura VI.40- A- Associação entre granada de 1ª (Grt I) e 2ª (Grt II) geração, LTSP; B- Ampliação da figura A, evidenciando a granada de 2ª geração com os pontos marcados de 1-6 correspondentes às análises de MSE efectuadas, LRSP; C- Cristal de granada zonado, imagem de electrões retrodifundidos; D- Ampliação da figura A, evidenciando a granada de 1ª geração com os pontos marcados de 7-9 correspondentes às análises de MSE efectuadas, LRSP. Todas as imagens correspondem à lâmina S8.35.75. As análises correspondentes aos pontos marcados nas imagens B e D encontram-se na tabela VI.8.

A granada foi reconhecida num intervalo (34.8-38.8 m) da sondagem S8, correspondente a um veio de granada e cassiterite. O resultado das 50 análises de MSE realizadas às granadas e os respectivos cálculos estequiométricos, efectuados na base de 16 catiões e 24 oxigénios, encontram-se tabelados no anexo 2.3.17. A partição $\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}^{3+}$ foi calculada com base nos extremos composicionais da granada. Segundo os resultados obtidos verifica-se, no geral, que os conteúdos em Si (da posição Z) revelam variação significativa ($\text{Si}_{5.87-5.98} \text{ a.p.f.u.}$) em relação ao expectável (6 a.p.f.u.) e que o défice de Si é compensado por Al^{iv} , na mesma posição, com valores entre $0.02-0.13 \text{ a.p.f.u.}$; a posição Y é fundamentalmente preenchida por Al^{vi} , cujos conteúdos não se afastam do previsto (4 a.p.f.u.) uma vez que variam entre $3.8-4.01 \text{ a.p.f.u.}$, o que permite à partida inserir as granadas analisadas na série da piralspite e/ou na espécie das grossulárias; o défice em Al^{vi} verificado em algumas análises é consequência do conteúdo em Fe^{3+} (até 0.16 a.p.f.u.) na mesma posição, sendo os conteúdos em Ti e Cr quase desprezáveis; a posição X revela conteúdos interessantes em Ca ($2.14-3.85 \text{ a.p.f.u.}$), Mn ($1.22-2.12 \text{ a.p.f.u.}$) e Fe^{2+} ($0.9-1.73 \text{ a.p.f.u.}$), sendo que a soma destes três catiões perfaz um total entre $5.86-5.95 \text{ a.p.f.u.}$, o que corresponde a um intervalo de valores muito próximo do conteúdo catiónico esperado para a posição X (6 a.p.f.u.) e que revela, também, que os conteúdos em Mg são insignificantes (figura VI.41-A). Uma vez que os catiões divalentes dominantes da posição X correspondem, de facto, a Ca, Fe e Mn, por ordem de relevância, é justificável definir as granadas analisadas como grossulárias, ainda que possuam um ligeiro desvio no sentido da componente piralspítica, a qual se traduz essencialmente no somatório das componentes almandínica e espessartítica (figura VI.41-B). Assim, segundo Newberry (1983), a área do diagrama (figura VI.41-B) onde se projectam as granadas analisadas, corresponde à composição de granadas que geralmente se desenvolveram em equilíbrio com fluidos redutores. Ademais, de acordo com Chen (2000), as granadas analisadas revelam carácter metassomático, dado que se projectam próximas do vértice Ca + Mn (figura VI.41-A).

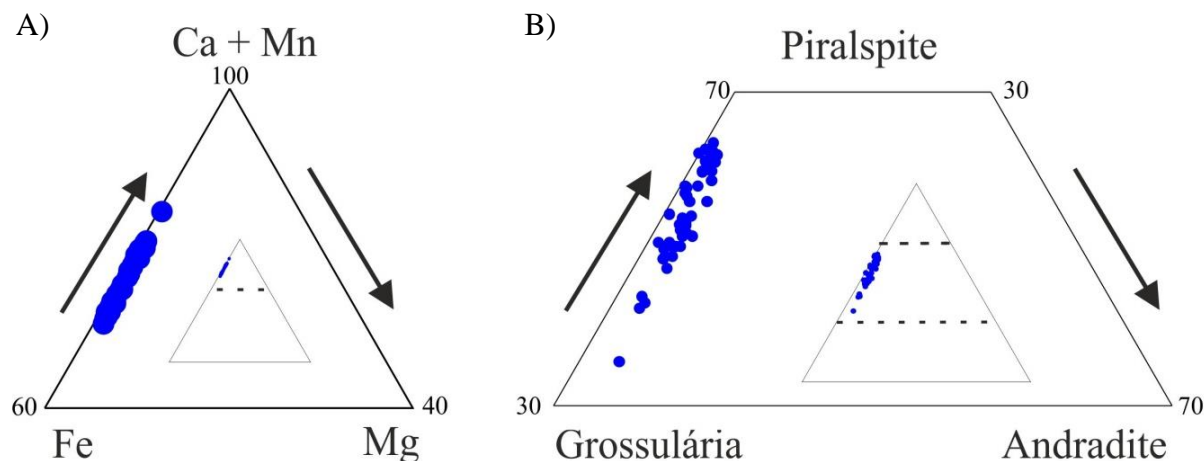


Figura VI.41- A- Projecção num diagrama ternário (Fe – Ca + Mn – Mg) das variações composicionais, em a.p.f.u., tendo por base apenas a composição da posição X. As análises foram agrupadas apenas num grupo por falta de critérios discriminatórios para dividir as análises em grupos distintos; B- Projecção num diagrama ternário que expressa a composição das granadas analisadas, em % de moles. Os extremos composicionais foram definidos segundo as suas composições: Piralspite (piropo + spessartina + almandina); Grossulária ($\text{Ca}_6\text{Al}_4\text{Si}_6\text{O}_{24}$); Andradite ($\text{Ca}_6\text{Fe}^{3+}_4\text{Si}_6\text{O}_{24}$).

Relativamente às duas gerações de granada e aos zonamentos observados, concluiu-se o seguinte (tabela VI.8): i) a Grt I contém valores de Ca e Fe^{3+} superiores e de Mg, Fe^{2+} , Cr e Al inferiores relativamente à Grt II, com variações na ordem da unidade; ii) na Grt I os valores de Si, Ti, Fe^{3+} e Ca são superiores no bordo e os valores de Cr, Fe^{2+} , Mn e Mg são superiores no núcleo, variando também na ordem da unidade; iii) na Grt II as variações composicionais entre o núcleo e o bordo são praticamente irrelevantes, salientando-se apenas um ligeiro incremento em Ti, Cr e Fe^{2+} no núcleo e em Si e Ca no bordo, na ordem das décimas.

Tabela VI.8- Análises representativas efectuadas às granadas, correspondentes à figura VI.40- **B e D** (Grt I- granada de 1ª geração; Grt II- granada de 2ª geração; B- bordo; N- núcleo). Apenas estão representados os elementos mais relevantes para o estudo. Lâmina correspondente: S8.35.75.

wt. %	Granada II						Granada I		
	B 1	N 2	B 3	B 4	N 5	B 6	B 7	N 8	B 9
SiO₂	37.12	36.97	37.03	36.83	36.66	37.26	37.53	36.82	37.40
Al₂O₃	21.50	21.35	21.27	21.05	21.13	21.29	21.12	20.72	21.02
Cr₂O₃	13.92	14.10	13.98	11.83	13.67	14.02	8.91	11.42	11.20
FeO	12.30	12.33	12.18	9.66	11.71	12.25	6.86	9.23	8.84
MnO	15.00	15.02	14.78	13.50	14.34	14.73	9.19	15.60	14.42
CaO	13.41	13.17	13.55	16.63	14.21	13.64	22.86	15.08	17.03
Total	101.43	101.07	101.12	100.20	100.68	101.43	100.02	100.02	101.53
a.p.f.u.									
Si	5.906	5.908	5.912	5.882	5.873	5.929	5.899	5.914	5.894
Al^{IV}	0.094	0.092	0.088	0.118	0.127	0.071	0.101	0.086	0.106
Al^{VI}	3.940	3.929	3.913	3.844	3.863	3.922	3.810	3.835	3.799
Cr	0.008	0.011	0.014	0.002	0.012	0.013	0.011	0.009	0.017
Fe²⁺	1.637	1.648	1.626	1.290	1.569	1.630	0.902	1.239	1.165
Mn	2.022	2.033	1.999	1.826	1.946	1.985	1.224	2.122	1.925
Ca	2.287	2.256	2.318	2.846	2.438	2.325	3.850	2.595	2.876
Termos Finais %									
Grossulária	36.60	35.83	36.46	43.52	37.21	36.79	59.42	39.12	42.89
Espessartina	33.70	33.88	33.32	30.44	32.43	33.08	20.39	35.37	32.08
Almandina	27.28	27.47	27.10	21.49	26.14	27.17	15.03	20.66	19.41
Andradite	1.30	1.48	1.81	3.86	3.13	1.64	4.45	3.92	4.62

VI.6 Apatite

A apatite corresponde a um fosfato de cálcio cuja fórmula química geral é representada por $M_5(ZO_4)_3X$, onde $M = Ca^{2+}, Sr^{2+}, Pb^{2+}, Mn^{2+}, Na^+, REE^{3+}$, entre outros; $Z = P^{5+}, Mn^{2+}, Cr^{3+}$; $X = F^-, OH^-, Cl^-$ (Pan e Fleet, 2002). O Sr^{2+} e o Mn^{2+} são dois dos catiões mais comuns que substituem o Ca^{2+} na posição M. A apatite foi identificada quer nos metassedimentos quer em veios mineralizados, revelando dimensões variáveis, e fazendo-se acompanhar frequentemente por rútilo, arsenopirite, monazite e xenótimo; por vezes contém inclusões de monazite e pirite e ocorre também como inclusões em turmalinas. A totalidade de análises de MSE efectuadas (45) e o cálculo estequiométrico, realizado na base de oito catiões e um anião, encontram-se tabelados no anexo 2.3.18.

As apatites analisadas são definidas por uma composição média expressa por $Ca_{4.94}(PO_4)_{3.01}(F_{0.73}OH_{0.27})$, cujos valores de Ca variam entre 4.84 – 5.00 a.p.f.u. e P entre 2.96 – 3.03 a.p.f.u. (tabela VI.9). Salienta-se, também, a presença de conteúdos traço de Sr e Mn até 0.11 a.p.f.u. e, ainda, Fe, Ce, Na, Nd e La, nenhum deles excedendo os 0.04 a.p.f.u. O facto da posição X incorporar maioritariamente F^- ($\bar{X} = 0.73$ a.p.f.u.) em detrimento do OH^- ($\bar{X} = 0.27$ a.p.f.u.) e Cl^- (até 0.01 a.p.f.u.), permite designar as apatites analisadas como flúor-apatites.

Tabela VI.9 Amplitude composicional (média, desvio padrão, mediana, máximo e mínimo) dos principais elementos que estão presentes na composição química da apatite, em a.p.f.u., para a totalidade de apatites analisadas (n=45).

a.p.f.u.	Ca	P	Sr	Mn	Fe	Ce	Na	Nd	La	Mg	F	Cl	OH
Média	4.942	3.005	0.022	0.017	0.010	0.002	0.004	0.001	0.001	0.001	0.728	0.002	0.271
D. Padrão	0.043	0.018	0.029	0.030	0.010	0.002	0.005	0.001	0.001	0.001	0.124	0.002	0.124
Mediana	4.940	3.009	0.006	0.002	0.006	0.001	0.003	0.000	0.000	0.000	0.766	0.001	0.231
Máximo	5.003	3.027	0.113	0.103	0.037	0.011	0.034	0.004	0.004	0.006	0.886	0.011	0.499
Mínimo	4.836	2.958	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.501	0.000	0.113

Através da projecção do Ca *versus* P (figura VI.42) confirma-se efectivamente a existência de um desvio composicional relativamente à composição ideal da apatite. Ainda assim, verifica-se que o défice de Ca ($< 5 \text{ a.p.f.u.}$) é uma constante para as apatites analisadas, enquanto os conteúdos em P são inferiores ($P < 3 \text{ a.p.f.u.}$) para a maioria das apatites presentes nos xistos negros e superiores ($P > 3 \text{ a.p.f.u.}$) para as restantes apatites analisadas. O estabelecimento dos principais mecanismos de troca iónica que conduzem aos desvios observados na figura VI.42 afigura-se bastante relevante, na medida em que a posição M, idealmente ocupada pelo Ca, pode incorporar (Pan e Fleet, 2002): i) catiões monovalentes, resultando na perda de aniões monovalentes como F^- , OH^- , Cl^- e abertura de vazios estruturais; ii) catiões divalentes, como Sr, Fe, Mg, Mn, Pb, Ba, de raio iónico semelhante; iii) catiões trivalentes, compensados pela ocupação de catiões tetravalentes na posição idealmente preenchida por P.

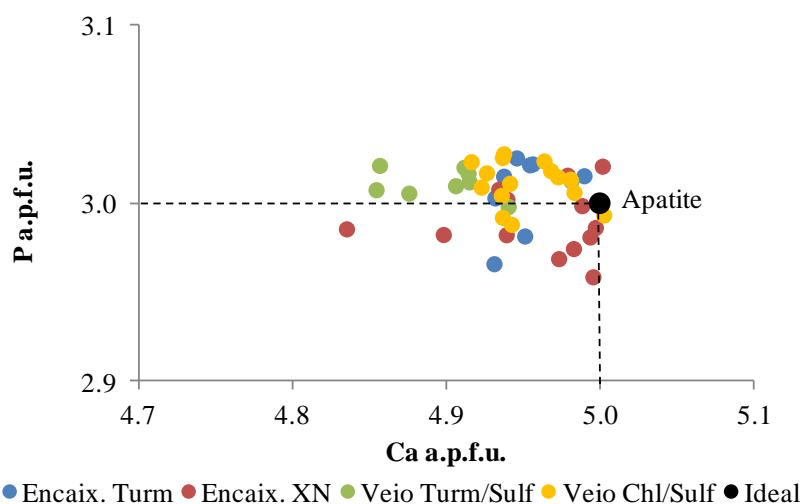


Figura VI.42- Distribuição da proporção atómica do Ca vs. P (em a.p.f.u.) tendo em conta a composição ideal da apatite, para a totalidade de apatites analisadas. As análises foram agrupadas de acordo com o contexto textural em: apatites nas rochas encaixantes turmalinizadas (Encaix. Turm); apatites nos xistos negros (Encaix. XN); apatites no veio composto por turmalina e sulfuretos (Veio Turm/Sulf); apatites no veio composto por clorite e sulfuretos (Veio Chl/Sulf).

Através dos resultados obtidos verifica-se, efectivamente, que: i) não existe qualquer tipo de correlação entre a substituição do Ca por catiões monovalentes (como Na^+), nem entre o Na^+ e possíveis vazios estruturais criados na posição idealmente ocupada pelos aniões (F , Cl e OH), dado a reduzida contribuição de catiões monovalentes para a estrutura das apatites analisadas; ii) a substituição do Ca por catiões R^{3+} (tais como Ce, Nd, La), não é um mecanismo efectivo uma vez que a variação entre catiões (em a.p.f.u.) também é insignificante; iii) a substituição do Ca por catiões R^{2+} (Sr, Mn, Mg, Fe^{2+}), corresponde de facto ao mecanismo de substituição mais relevante, visto que o somatório de catiões divalentes (com valores até 0.14 a.p.f.u.) corresponde aproximadamente ao défice verificado na posição idealmente ocupada pelo Ca (até 0.16 a.p.f.u. ; figura VI.43 - A). A projecção da soma dos catiões divalentes (R^{2+}) *versus* catiões trivalentes (R^{3+}) evidencia de facto a reduzida contribuição dos catiões R^{3+} e a dispersão dos dados, ainda que pareça existir um pequeno desenvolvimento entre dois agrupamentos composicionalmente distintos, em que as apatites do encaixante xisto negro demonstram maiores conteúdos em R^{2+} relativamente às restantes apatites analisadas (figura VI.43 - B). Os conteúdos em Mn, Fe e Sr não são constantes, verificando-se um enriquecimento em Mn nas apatites presentes no veio de turmalina e sulfuretos em oposição ao enriquecimento em Sr e Fe nas restantes apatites analisadas (figura VI.44).

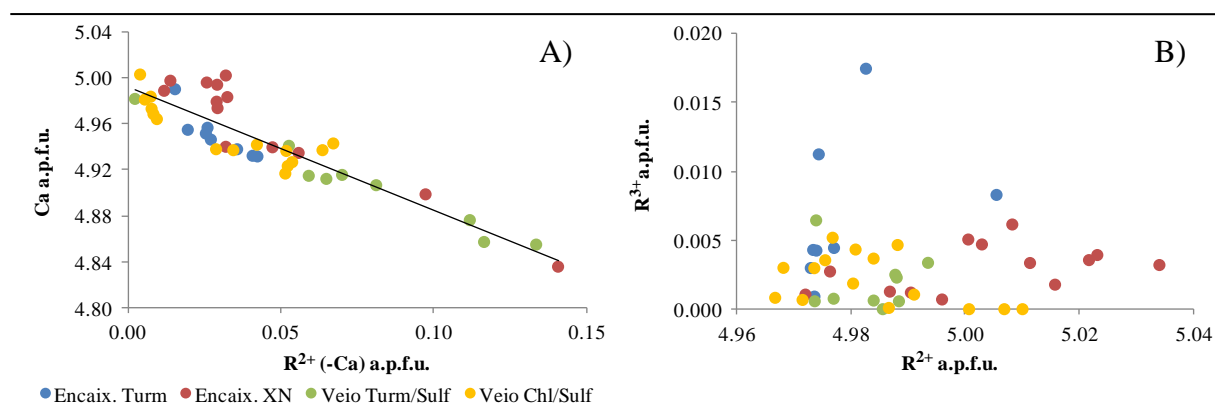


Figura VI.43- **A-** Distribuição da proporção atômica do Ca vs. cátions divalentes ($R^{2+} - Ca$), em a.p.f.u., em que $R^{2+} = Sr + Mn + Fe + Mg$; **B-** Distribuição da proporção atômica do total de cátions divalentes (R^{2+}) vs. total de cátions trivalentes (R^{3+}), em a.p.f.u., em que $R^{3+} = Ce + Nd + La$. Critérios de abreviação de acordo com o estipulado na figura VI.43

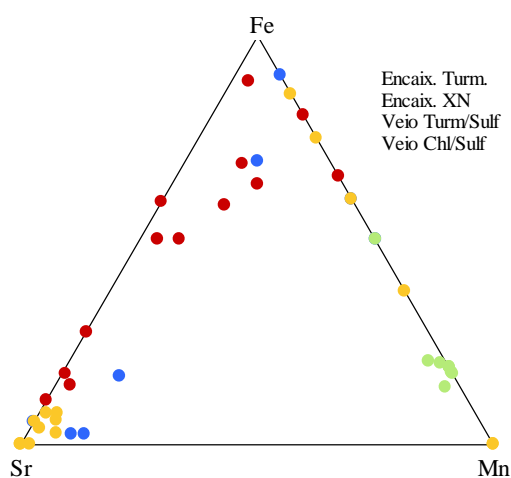


Figura VI.44- Projecção dos dados num diagrama Sr-Fe-Mn, em a.p.f.u., da totalidade de apatites analisadas. Critérios de abreviação de acordo com o estipulado na figura VI.43.

VI.7 Outros minerais

Para além dos minerais descritos acima, foram também analisados: titanite (13), estanita (2), calcopirite, covelite, feldspato, zircão, hematite, sulfo-arseneto de Ag, carbonatos e caulinite. A titanite foi identificada pontualmente disseminada nas rochas encaixantes, de forma que apenas se efectuaram 13 análises de MSE (anexo 2.3.19). Os cálculos estequiométricos foram efectuados na base de 3 cátions. Os resultados obtidos para a titanite revelam uma composição média expressa por $Ca_{0.91}Ti_{0.60}Al_{0.30}Si_{0.92}O_{4.72}F_{0.28}$. Salienta-se que as posições do Ca, Ti e Si não se encontram totalmente preenchidas (todas com <1 a.p.f.u.) e que na posição do Ti ocorre também a incorporação de Al, Fe e Mn, perfazendo um total de 0.9 a.p.f.u. A estanita foi identificada com maior frequência, associada aos bordos da esfalerite e calcopirite e, por vezes, inclusa na pirite e pirrotite. Devido às suas reduzidas dimensões, apenas foi possível obter duas análises de estanita, que indicam uma composição média expressa por $Cu_{1.92}Fe_{1.03}Sn_{0.90}S_{4.06}$. Verifica-se, portanto, que as posições do Cu (< 2 a.p.f.u.) e do Sn (< 1 a.p.f.u.) não se encontram totalmente preenchidas, contrariamente ao registado para as posições do Fe (> 1 a.p.f.u.) e do S (> 4 a.p.f.u.). Dos elementos traço, apenas se destacam o Zn e o Te, com conteúdos médios de 0.057 e 0.016 a.p.f.u., respectivamente. As análises e os cálculos estequiométricos, efectuados na base de 8 posições, encontram-se tabelados no anexo 2.3.20. Devido às reduzidas dimensões dos cristais e défice de análises estatisticamente representativas e válidas, os minerais calcopirite, covelite, feldspato, zircão, hematite, sulfo-arseneto de Ag, carbonatos e caulinite não foram detalhadamente estudados.

VII. Discussão

Este capítulo visa interpretar de forma integrada os dados e os resultados obtidos ao longo de todo o trabalho realizado, de modo a aprofundar o conhecimento litogeoquímico e mineralógico da mineralização do jazigo de Vale Pião. Neste sentido, pretende-se: i) estabelecer a paragénese mineral dominante e caracterizar as rochas encaixantes, estruturas epigenéticas e mineralizações que compõem o sector estudado; ii) sumarizar os diferentes estilos de alteração hidrotermal identificados e esclarecer de que forma estes estarão relacionados ou se terão contribuído para o enriquecimento metalífero que originou as mineralizações de Vale Pião; iii) compreender a importância dos zonamentos químicos identificados em alguns minerais; iv) identificar minerais/elementos indicadores que possam ser utilizados como guias de prospeção e pesquisa de mineralizações de estanho e tungsténio; v) compreender a origem, transporte e deposição de Sn, W e Au; vi) contribuir para um modelo de evolução do sistema metalogenético que concorreu à formação das mineralizações de Vale Pião. De forma a complementar a informação, foram seleccionados estudos de testemunhos de sondagem de outros sectores da mina de Vale Pião (Martins, 2017), que permitiram confirmar e comparar aspectos relevantes característicos da área de estudo.

Mineralogia (metassedimentos e veios) e tipos de mineralização

As formações que constituem a área de Vale Pião correspondem a alternâncias de xistos (compostos por intercalações de níveis pelíticos e psamíticos) e grauvaques e pertencem ao Grupo das Beiras, que se encontra inserido no Complexo Xisto-Grauváquico, enquadrando-se na Zona Centro Ibérica. Estas formações, fortemente afectadas pela deformação Varisca, foram sujeitas a metamorfismo regional Varisco e metamorfismo de contacto, através da intrusão de corpos graníticos (Gomes *et al.*, 1991) e hospedam mineralizações de W-Sn e Au, em diversas estruturas, sob a forma de cassiterite, volframite/scheelite e electrum. Segundo Adónis (1970) e Parra (1988) a jazida estano-volfrâmica de Vale Pião centra-se essencialmente em filões quartzosos de cassiterite e volframite, em brechas de morfologia lenticular ou filoniana e nos *stockworks* contíguos, ocorrentes em corredores de cisalhamento, sugerindo que a mineralização se instalou em parte por substituição das rochas encaixantes e que foi dirigida pela fracturação. Relatórios antigos (Torres, 1985; Parra, 1988) indicam a possível existência de uma cúpula granítica não aflorante, responsável pelas auréolas de metamorfismo e pelas mineralizações presentes em Vale Pião. Esta frequente associação entre mineralizações de Sn-W e plutões graníticos e aplito-pegmatíticos tem sido comprovada em jazigos análogos, por diversos autores (Neiva, 2002; Mateus e Noronha, 2010; Noronha *et al.*, 2013; Soloviev *et al.*, 2017, entre outros).

A amostragem realizada a três sondagens da mina de Vale Pião (sondagens S1, S8 e S11), elaborada em função de critérios geoquímicos descritos anteriormente (capítulo IV.1), e a análise macroscópica e microscópica de detalhe efectuada às amostras dos testemunhos de sondagens permitiram agrupar as amostras em: (i) rochas encaixantes com mineralização em Au/Ag; (ii) rochas encaixantes com mineralização em W-Sn; (iii) veios sem mineralização; (iv) veios com mineralização. Os metassedimentos que hospedam as raras mineralizações disseminadas de Au/Ag correspondem aos níveis pelíticos ricos em matéria orgânica (xistos negros) que, aparentemente, apenas foram afectados por sulfidização intensa. Já as mineralizações disseminadas de W e Sn são mais abundantes e distribuem-se de forma heterogénea nos níveis pelíticos e psamíticos. Os níveis pelíticos, compostos maioritariamente por filossilicatos (essencialmente sericite), turmalina, rútilo e sulfuretos (principalmente arsenopirite e pirite), apresentam as fases minerais orientadas segundo uma direcção preferencial evidenciando uma textura lepidoblástica. Os níveis psamíticos apresentam uma textura próxima de granoblástica e são compostos por quartzo, moscovite, pirite, pirrotite e rútilo. Note-se que, é possível relacionar de forma aproximada os tipos de alteração hidrotermal identificados nos

diversos metassedimentos com as mineralizações disseminadas de W-Sn, associando, assim, a turmalinização com a mineralização em scheelite \pm cassiterite; a silicificação com a mineralização em wolframite + cassiterite \pm scheelite; e a cloritização com a mineralização em cassiterite \pm scheelite. Os veios sem mineralização, presentes nas diversas amostras analisadas, subdividem-se em: i) veios precoces, constituídos por quartzo + biotite \pm moscovite; ii) veios tardios, constituídos apenas por clorite ou carbonatos; iii) veios em que não foi possível estabelecer relações cronológicas por falta de critérios e que correspondem a veios de quartzo + turmalina, quartzo + clorite, quartzo + carbonatos e quartzo + turmalina + clorite. Nestes veios sem mineralização (abrangendo as três subdivisões mencionadas acima) é evidente o carácter polifásico, representado pelas três gerações de quartzo e duas gerações de moscovite e biotite (figura V.10). Os veios que hospedam mineralizações são veios mais tardios, relativamente aos veios sem mineralizações, e abrangem associações minerais variadas: i) quartzo + scheelite + pirite + pirrotite \pm filossilicatos \pm turmalina; ii) quartzo + pirite + pirrotite + arsenopirite \pm calcopirite \pm esfalerite \pm galena; iii) quartzo + apatite + pirite + arsenopirite \pm turmalina \pm filossilicatos; iv) quartzo + cassiterite \pm pirite. Salienta-se que, nas amostras estudadas, a wolframite e o electrum não foram identificados em veios, apenas nas rochas encaixantes. Tal como verificado em Martins (2017), a mineralogia mais complexa (sulfuretos, óxidos, tungstatos, fosfatos) presente nos veios mais tardios (veios com mineralização), revela a focalização e percolação de fluidos em zonas preferenciais, tipicamente em zonas de falhas.

Foram distinguidos, tanto nos metassedimentos mineralizados e com alteração hidrotermal como nos veios com e sem mineralização, três estádios principais de deposição, individualizados por composições mineralógicas e distribuições espaciais distintas, caracterizados por: i) um estágio precoce onde se depositam os silicatos principais (quartzo, moscovite, biotite, clorite, turmalina, feldspato, granadas), os tungstatos (wolframite e scheelite), os óxidos (cassiterite, rútilo, ilmenite), a apatite e a arsenopirite; ii) um segundo estágio definido pela deposição dos sulfuretos principais (novamente arsenopirite, pirite, pirrotite, esfalerite e calcopirite) e sulfuretos menos abundantes e mais tardios (marcassite, galena, estanita, covelite); iii) e um estágio tardio onde se depositam minerais de Au-Ag (electrum) e carbonatos. Importa realçar o carácter polifásico do sistema de Vale Pião e a consequente recorrência dos episódios que ocorrem ao longo de cada estágio (figura VII.1). Os estádios de deposição definidos neste relatório são compagináveis aos reportados anteriormente por outros autores para as rochas que compõem o sector de Vale Pião (Adónis, 1970; Parra, 1988; Martins, 2017) e para jazigos análogos (*e.g.* Panasqueira; Kelly e Rye, 1979). Contudo, é importante frisar diversos pontos: a presença de fases minerais como granada, greenockite e electrum é bastante atípica segundo relatórios antigos da área de Vale Pião (Adónis, 1970; Parra 1988); a predominância de scheelite em relação à wolframite, tanto nos metassedimentos como nos veios é uma constante, tal como verificado em Martins (2017); nas amostras estudadas não foram identificadas fases de bismuto, as quais foram identificadas com alguma frequência em Martins (2017).

Os resultados obtidos através da química mineral demonstram uma variabilidade composicional relativamente aos elementos maiores, menores e traço em determinadas fases minerais, como a wolframite, cassiterite, rútilo, arsenopirite, esfalerite, turmalina, filossilicatos, granada e apatite, que se afigura fundamental à compreensão dos processos metalogenéticos e permite o estabelecimento de potenciais guias de prospecção.

Pese embora a presença de scheelite estar sistematicamente associada a estruturas epigenéticas (Martins, 2017), no presente relatório foi também identificada scheelite disseminada nos metassedimentos, possivelmente resultante de pré-concentrações de origem sedimentar proveniente de níveis calcossilicatados da parte superior do CXG (Pereira *et al.*, 1993; Lourenço, 2002), porém as mesmas não foram analisadas devido às suas reduzidas dimensões. Ainda assim, a scheelite presente nos veios foi analisada, tendo sido obtida uma composição praticamente pura, semelhante à obtida por Martins (2017), com conteúdos traço de Fe, Mo e Nb, sugerindo uma génese magmático-hidrotermal.

A volframite apenas foi reconhecida em amostras de metassedimentos das sondagens S1 e S11, caracterizadas por silicificação intensa e associação mineral constituída essencialmente por quartzo + moscovite + pirite \pm pirrotite \pm cassiterite. À semelhança dos dados obtidos por Martins (2017), as volframites analisadas correspondem essencialmente a ferberites, embora sejam reconhecidas duas gerações diferenciadas fundamentalmente pelos conteúdos em Mn: i) a primeira geração de volframite (Wlf I), associada a cassiterite (em intercrescimentos que evidenciam a co-precipitação de ambas as fases minerais), apresenta uma composição química praticamente pura, próxima do extremo composicional ferberite; ii) enquanto a segunda geração de volframite (Wlf II), que não se associa a nenhuma fase mineral, possui uma componente hubnerítica que pode atingir até 30 %, apresentando conteúdos de Mn mais elevados. Os resultados adquiridos evidenciam efectivamente o carácter bimodal do Mn e sugerem a presença de: i) um fluido com conteúdos de W e Sn necessários à formação da Wlf I e Cst I (cassiterite de 1ª geração), sendo o incremento em Fe proveniente dos metassedimentos; ii) um fluido rico em W e Mn responsável pela Wlf II. Tais variações não implicam necessariamente a existência de dois fluidos derivados de fontes completamente distintas, podendo apenas representar a existência de dois pulsos distintos da mesma fonte ou, até mesmo, a evolução de um fluido que vai sendo sujeito a variações na sua composição em virtude da incorporação de certos elementos como Fe e Sn na estrutura da volframite e cassiterite.

A composição química das cassiterites analisadas é próxima da ideal, salientando-se apenas contribuições de elementos traço como Ti, Fe, W, Zn, Nb e Ta. A cassiterite de 1ª geração (Cst I) associada à Wlf I apresenta conteúdos traço mais significativos de W e Ti compatíveis com a presença de volframite e rútilo, manifestando, de facto, a existência de um fluido transportador destes elementos. Por outro lado, a cassiterite de 2ª geração (Cst II), identificada no veio constituído por granada \pm pirite \pm clorite, exhibe uma composição compaginável com a composição das granadas associadas (Grt I) que apresentam conteúdos medianos de W, Zn, Fe, Ca e Mn mais elevados. Embora a incorporação de Nb e Ta na estrutura da totalidade de cassiterites analisadas seja pequena (até 0.16 wt. % Nb₂O₅ e 1.62 wt. % Ta₂O₅), a razão Ta/Nb tipicamente superior a 1, sugere o carácter distal destas cassiterites (Gaspar, 1997). Esta assunção é concordante com a maior abundância de cassiterite nos metassedimentos que representam zonas de alteração distal a uma possível cúpula granítica, tais como os metassedimentos com silicificação e cloritização.

O rútilo analisado revela conteúdos traço de W, Sn, Fe, Ta e Nb, verificando-se frequentemente a predominância de Nb (até 3.5 wt. % Nb₂O₅) relativamente ao Ta (até 0.44 wt. % Ta₂O₅). Os valores mais elevados de Sn e W foram registados nos rútilos associados à mineralização de W-Sn presente nos metassedimentos de Vale Pião, predominando essencialmente nas rochas encaixantes silicificadas, onde se verifica predominância de volframite e alguma cassiterite, e num rútilo zonado presente num veio de quartzo. Os zonamentos composicionais observados e analisados nos rútilos serão discutidos adiante. Por outro lado, os rútilos incorporados nos metassedimentos onde não se identificaram manifestações de mineralização de Sn e W foram, de facto, os que revelaram composições mais próximas das ideais. Tais resultados sugerem, portanto, que o registo de conteúdos elevados em Sn e W estará espacialmente relacionado com a presença de mineralização de Sn e W nessas rochas (*e.g.* Clark e Williams-Jones, 2004; Carocci *et al.*, 2019).

Associada aos rútilos, foi identificada esporadicamente ilmenite com conteúdos variáveis de Zn e Mn, elementos móveis que poderão representar zonas de alteração hidrotermal distais (Robb, 2004). Os valores mais elevados de Zn e Mn foram registados nas ilmenites dos metassedimentos com cloritização, sugerindo um carácter distal a estas ilmenites (Ilm II); enquanto as ilmenites do encaixante turmalinizado revelam enriquecimento em Fe e empobrecimento em Zn e Mn podendo, portanto, materializar ilmenites proximais (Ilm I) relativamente à fonte dos fluidos.

As arsenopirites revelam conteúdos de Fe, As e S variáveis e a presença de elementos traço como Co, Ni, Sb, W e Zn. Pontualmente, identificaram-se grãos de electrum em microfraturas da

arsenopirite, porém os conteúdos em Au e Ag na arsenopirite são reduzidos. A incorporação de elementos como Co e Ni é superior na maioria das arsenopirites presentes nas rochas encaixantes com turmalinização e nas arsenopirites do veio de apatite que intersecta os metassedimentos cloritizados, o que sugere que este enriquecimento em Co e Ni estará associado e, como resultado, será tamponizado pelo fluido hidrotermal responsável pelo evento de turmalinização e cloritização; em oposição, o que se verifica para a maioria das arsenopirites do encaixante de xisto negro é de facto um enriquecimento em Sb, que se traduz num enriquecimento tamponizado pela composição da rocha. Os zonamentos composicionais nas arsenopirites serão discutidos adiante.

Associada à arsenopirite, é frequente a presença de pirrotite, parcialmente substituída por pirite e, esta última, por vezes marcassitizada, representando assim o aumento da fO_2 no sistema. Através das texturas e relações de corte verifica-se que a arsenopirite (Apy I) é o sulfureto mais precoce; por vezes a pirrotite (Po I) é contemporânea da Apy I; de seguida, ocorre o estágio de deposição principal dos sulfuretos, onde precipita novamente arsenopirite (Apy II e III), pirrotite (Po II) e pirite (Py I), calcopirite e esfalerite; posteriormente, marcassite associada a uma segunda geração de pirite (Py II) e Apy IV, e por fim galena, covelite, estanita e greenockite. O estágio de deposição dos sulfuretos é acompanhado essencialmente pela turmalinização intensa dos metassedimentos.

A esfalerite encontra-se disseminada nas rochas encaixantes e nos veios, ocasionalmente com bordos recristalizados e com exsoluções de covelite ou estanita tardias, indicando recristalização a temperaturas inferiores. O Cd e o Mn são os elementos traço com maior expressão na composição da esfalerite, permitindo distinguir famílias distintas com base em: i) valores de Cd superiores na esfalerite associada aos metassedimentos turmalinizados e; ii) valores de Mn superiores na esfalerite associada ao veio de granada + cassiterite, que intersecta os metassedimentos com cloritização. O enriquecimento em Mn, associado ao intervalo do veio de granada e cassiterite, abrange a maioria das fases minerais presentes nesse veio. Segundo Kubo *et al.* (1992), uma vez que o coeficiente de distribuição do Cd entre o fluido e a esfalerite é superior ao coeficiente de distribuição do Mn e, considerando que os elementos particionam preferencialmente na estrutura da esfalerite de acordo com a ordem $Cd > Zn > Fe > Mn$, tornando-se esta partição mais marcada com o decréscimo da temperatura, deduz-se que a razão Cd/Mn diminui com a distância à fonte do fluido. Assim sendo, corrobora-se a premissa anterior associando, de facto, a razão Cd/Mn superior na esfalerite associada à turmalinização, que representa um tipo de alteração hidrotermal de carácter mais proximal e de maior temperatura, e a razão Cd/Mn inferior na esfalerite associada à cloritização, que corresponde ao equivalente lateral da turmalinização e portanto mais distal e de menor temperatura.

Associada às microfraturas da esfalerite, foi identificada uma fase mineral tardia, designada por greenockite, que até à data não tinha sido reconhecida na zona de Vale Pião. Foi identificada na greenockite uma componente zincífera relevante, demonstrando uma associação entre os sistemas ZnS e CdS. Esta associação tem sido reportada por diversos autores (Oen *et al.*, 1974; Tarkian e Breskovska, 1989; Tombros *et al.*, 2005; Chaplygin *et al.*, 2007) em diferentes tipos de depósitos (epitermais, hidrotermais, estratiformes, fumarolas) e, de acordo com os conteúdos em Zn registados e conforme a associação mineral relacionada, neste caso sulfuretos e óxidos, pressupõe-se uma origem hidrotermal para a greenockite. Contudo existem diversas hipóteses para a formação da greenockite identificada, tal como demonstrado por Mogessie *et al.* (2009): i) a sua origem poderá estar, de facto, relacionada com um fluido hidrotermal de baixa temperatura enriquecido em Cd e empobrecido em Zn; ii) ou poderá ser resultado da alteração da esfalerite enriquecida em Cd e, no seguimento da exsolução de Cd, ocorrer a deposição de greenockite, sendo esta hipótese a mais plausível.

As micas dioctaédricas analisadas correspondem a moscovites e fengites. Tal como reportado por Friedrich (1984) e Garcia (1987), as micas dioctaédricas de origem magmática incorporam sobretudo Mg, relativamente ao Fe e Mn, à semelhança do obtido nas moscovites analisadas. De acordo com o diagrama $FeO_{(T)}-TiO_2-MgO$ de classificação das moscovites, proposto por Speer (1984),

as moscovites analisadas recaem essencialmente sobre o campo composicional das moscovites tardi-magmáticas, aproximando-se do campo hidrotermal as moscovites dos xistos negros mineralizados em Au/Ag. As micas trioctaédricas analisadas correspondem a flogopites, ao contrário do reportado por Martins (2017) que identificou micas essencialmente ferríferas (anites e siderolifites). Os valores mais elevados da razão $Mg/(Mg+Fe)$, F e Li foram registados nas flogopites dos metassedimentos silicificados e no veio de granada e cassiterite, compatíveis com uma origem metassomática e de carácter mais distal (Robb, 2004). Ainda que os conteúdos em Li sejam semelhantes nas moscovites e nas flogopites analisadas, é de notar que os conteúdos em F são efectivamente mais elevados nas flogopites. Os conteúdos em Sn e W são negligenciáveis tanto nas moscovites como nas flogopites.

As clorites revelam uma composição compatível com as espécies clinocloro-chamosite, cujos elementos maiores principais são o Fe^{2+} e Mg. Os conteúdos mais elevados em Mg verificam-se nas clorites do xisto negro e do veio de scheelite, enquanto os valores mais elevados em Fe registam-se nas clorites do veio de apatite (\pm moscovite), manifestando a presença de um fluido que, durante a sua migração, foi remobilizando o Mg e o Fe dos metassedimentos (Wu *et al.*, 2019). Tais variações composicionais, as quais são compatíveis com os dados obtidos por Martins (2017), assinalam assim um carácter hidrotermal, sob condições ácidas reduzidas, favoráveis à génese de clorites enriquecidas em Fe e Mg, típicas de depósitos do tipo veio, formadas durante processos de alteração hidrotermal (Inoue, 1995 em Wu *et al.*, 2019; Beaufort *et al.*, 2015).

As turmalinas materializam a faixa de turmalinização intensa identificada, imposta sobretudo nas rochas encaixantes, mas também em veios (de biotite e apatite). À semelhança do referido em Martins (2017), as turmalinas analisadas correspondem a dravites ($Mg > Fe$) e distinguem-se no mínimo duas gerações, definidas por: i) valores de Ca e Mg superiores e Fe e F inferiores, que correspondem a turmalinas precoces, associadas à faixa de turmalinização; ii) valores de Ca e Mg inferiores e F e Fe superiores, que traduzem turmalinas tardias associadas à mineralização de Sn-W. Os conteúdos em Li são variáveis (até 0.9 *a.p.f.u.*). Foram observados zonamentos composicionais nas turmalinas que serão abordados adiante. A abundância de turmalina existente nos metassedimentos amostrados, manifestando a presença de elevadas concentrações de B, conjuntamente com a associação típica de elementos efetivos no sistema de Vale Pião (W, Sn, Nb, Ta, F, entre outros) tornam viável indicar uma componente magmática para os fluidos envolvidos na génese da auréola de turmalinização e da mineralização de W-Sn, à semelhança do reportado para depósitos de W-Sn análogos relacionados com plutões graníticos, incluindo a Panasqueira (Codeço *et al.*, 2017), Baotan (Zhang *et al.*, 2014), Baiganhu (Zheng *et al.*, 2016) e Cligga Head (Drivenes *et al.*, 2015).

A ocorrência de granada é atípica no jazigo de Vale Pião, porém foi reconhecida num veio metassomatizado composto pela associação mineral cassiterite + filossilicatos + rútilo \pm sulfuretos. As granadas analisadas apresentam uma composição essencialmente grossularítica, sperssatítica e, menos relevante, almandínica, indicando que os elementos maiores principais variam de acordo com a ordem $Ca > Mn > Fe$. Distinguem-se duas gerações de granada, definidas por: i) uma geração precoce cloritizada (Grt I), contemporânea da Cst II, com anisotropia azul escura e conteúdos de Ca superiores relativamente à Grt II; ii) uma geração posterior (Grt II), isotropa, de cor rosada e com conteúdos de Mg, Fe^{2+} , Cr e Al superiores relativamente à Grt I. A inexistência de componente andradítica e predominância da molécula grossularítica e sperssatítica pressupõe um ambiente de formação sob condições redutoras (Gaspar *et al.*, 2008). Uma vez sendo necessário condições de T-P para a formação de granadas metamórficas significativamente superiores ($T > 700^\circ C$ e $P > 3$ kbar; Robb, 2004) às inferidas para o sistema de Vale Pião, deduz-se uma origem hidrotermal para as granadas analisadas, tipicamente originadas sob condições de T-P inferiores (Easton *et al.*, 1977), através da introdução metassomática de atividade hidrotermal de elementos como Mn e Si e contribuições de Ca, Mg e Al provenientes dos metassedimentos, destacando-se, ainda, a possível existência de uma fonte distinta proveniente de uma cúpula granítica não identificada.

	1- Estádio Precoce	2- Estádio Sulfuretado	3- Estádio Tardio
Quartzo	Qz		
Feldspato	Fsp		
Carbonatos			Cb
Moscovite	Ms		
Biotite	Bt		
Clorite	Chl		
Turmalina	Tur I		
Granada		Grt I	Grt II
Apatite		Ap I	Ap II
Scheelite	??	Sch	Sch
Volframite	Wlf I	Wlf II	
Cassiterite	Cst I	??	Cst II
Rútilo	Rt I		
Ilmenite		Ilm I	Ilm II
Electrum			Elt
Arsenopirite		Apy I	Apy II
Pirrotite		Po I	Po II
Pirite		Pv I	Pv II
Marcassite			Mrc
Calcopirite		Ccp	
Galena			Gn
Esfalerite		Sph	
Grenockite			Grk
Estanite			Stn
Covelite			Cv

Figura VII.1- Quadro paragenético que ilustra a sequência de deposição mineral característica dos metassedimentos e veios do sistema de Vale Pião.

Identificaram-se duas gerações de flúor-apatite: i) a primeira (Ap I), de pequenas dimensões, associada aos metassedimentos; ii) a segunda (Ap II), de grandes dimensões, fraturada e depositada nos veios. No veio constituído pela paragénese quartzo + turmalina + sulfuretos, a apatite forma uma salbanda simultaneamente com a turmalina, junto ao encosto com os metassedimentos. À semelhança do obtido por Martins (2017), registaram-se conteúdos traço de Sr, Mn, Fe, Na, Ce, Nd e La. As apatites com conteúdos mais elevados em Fe estão associadas a fases sulfuretadas, verificando-se, portanto, que o incremento de Fe na apatite está associado a fases minerais hospedeiras de Fe (Miles *et al.*, 2014). Salienta-se que a presença de MnO (até 1.48 wt. %) e Ce₂O₃ sugere uma componente magmática, sob condições reduzidas, dado que, tipicamente valores de MnO entre 0.1-1 wt. % e anomalias de Ce são registados em apatites de granitos pegmatíticos (Belousova *et al.*, 2002). Verifica-se, frequentemente, nas apatites analisadas a presença de micro-inclusões de fosfatos de ETR, tais como monazite e xenótimo. Segundo Putnis (2009), essas inclusões resultam de precipitação hidrotermal, não correspondendo, portanto, a exsoluções, o que as torna dependentes da composição do fluido infiltrado, da pressão e da temperatura. Os dados sugerem, então, uma origem hidrotermal com componente magmática para as apatites analisadas.

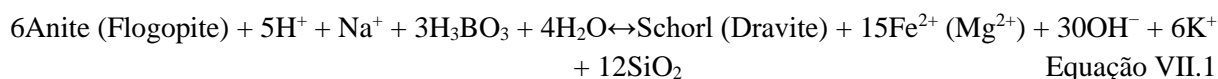
Importância do zonamento químico mineral

Os zonamentos composicionais dos minerais representam um fenómeno comum geralmente interpretado como uma textura primária de crescimento que expressa o resultado entre as condições iniciais de crescimento de um mineral e o ambiente envolvente, num sistema dinâmico (Halden, 1996; Shore e Fowler, 1996). Os factores que controlam a cinética de crescimento do mineral incluem mecanismos extrínsecos, como variações nas condições de pressão, temperatura e composição do fluido, e mecanismos intrínsecos, como adsorção, difusão e taxa de crescimento mineral (Gaspar, 1997). Foram observados zonamentos químicos, visíveis nas imagens de electrões retrodifundidos, em diversos minerais (*e.g.* scheelite, cassiterite, rútilo, arsenopirite, pirite, turmalina, granada). Contudo nas scheelites, cassiterites e pirites, os zonamentos exibidos não traduzem uma variação composicional que possa ser distinguível por análise pontual na ME, considerando-se composicionalmente homogéneos.

Analogamente ao reportado para os rútilos do jazigo da Panasqueira (Carocci *et al.*, 2019), os zonamentos composicionais visíveis nos rútilos analisados, expressos em domínios irregulares e sob formas heterogéneas, traduzem: i) uma geração precoce (Rt I), disseminada principalmente nos xistos negros, com TiO₂ > 98 wt. % e contribuições de elementos traço pouco significativas, que aparenta ser anterior à mineralização de W-Sn; ii) uma geração tardia (Rt II) com conteúdos em W, Fe e Sn significativos, entre os 2000-18000 ppm, e TiO₂ que pode apresentar valores baixos (desde 91 wt. %), sugerindo mesmo hidratação e aparentando ser contemporâneo da mineralização. Tendencialmente, a razão Nb/Ta decresce do núcleo para o bordo dos rútilos zonados analisados, o que é expectável e evidencia, de facto, a diminuição da razão Nb/Ta de acordo com a progressão dos processos evolutivos magmáticos e magmático-hidrotermais (por exemplo de cristalização fraccionada; Cerný e Ercit, 1985; Tindle e Break, 2000). Os resultados sugerem, então, a presença de um fluido hidrotermal que, através de reações fluido/rocha e consequentes processos de alteração de fases minerais do CXG portadoras de Ti, tal como esfena, ilmenite, biotite, conduziu à instabilização do Ti e favoreceu a cristalização do rútilo. O enriquecimento em W e Sn no Rt II será resultado de um novo impulso de fluido, com conteúdos de W e Sn superiores. Salienta-se, uma vez mais, a possível relação existente entre os conteúdos elevados em Sn e W nos rútilos e a ocorrência de mineralização nos metassedimentos, o que potencialmente torna o rútilo num mineral útil como guia de prospeção para jazigos análogos, especialmente na ZCI.

Nas arsenopirites analisadas os zonamentos observáveis indicam, pelo menos, três a quatro gerações distintas. A 1ª geração (Apy I) apresenta conteúdos elevados de Sb e S e conteúdos reduzidos de As, Ni e Co e associa-se aos xistos negros, os quais representam um ambiente mais reduzido. Na 3ª geração (Apy III) verifica-se o inverso, relativamente aos conteúdos, associando-se esta geração ao evento de turmalinização. As arsenopirites de 2ª geração (Apy II) apresentam uma distribuição algo inconclusiva, porém aparentam encontrar-se, em termos composicionais, entre as arsenopirites de 1ª e 3ª geração. As arsenopirites do veio de apatite corresponderão possivelmente a uma 4ª geração (Apy IV), ainda mais tardia e com uma contribuição da componente loellingítica evidente. À semelhança do confirmado por Martins (2017), os resultados obtidos sugerem um incremento na actividade do As no fluido hidrotermal, evidenciado pelo zonamento do núcleo (mais escuro/leve) para o bordo (mais claro/pesado) dos grãos, ao passo que, à medida que foram precipitando outros sulfuretos (do estágio sulfuretado), o S foi sendo consumido e, consequentemente, a disponibilidade de S para a estrutura da arsenopirite foi diminuindo. Outra hipótese passa pela existência de dois pulsos distintos de fluido hidrotermal com conteúdos de As variáveis. Tipicamente, em fluidos hidrotermais, o As é transportado sob a forma de complexos do tipo H_3AsO_3 , e a precipitação de arsenopirite envolve condições redutoras (Heinrich e Eadington, 1986), compatíveis com as condições necessárias à formação da mineralização de W-Sn de Vale Pião. Note-se que, para valores de $\text{Fe} < 34 \text{ wt. } \%$, os conteúdos de As variam entre 31-36 *at. %*, sugerindo temperaturas de deposição da arsenopirite entre 360-480°C, aproximadamente (Kretschmar e Scott, 1976).

Os zonamentos composicionais visíveis nas turmalinas revelam a existência de duas gerações. As turmalinas precoces (Tur I), representadas nos núcleos das turmalinas dos metassedimentos turmalinizados, nas turmalinas do veio de quartzo e biotite e nos xistos negros, correspondem a transformações pontuais de biotite em turmalina por fenómenos de interação fluido/rocha. Estas turmalinas (Tur I) apresentam conteúdos de Ca e Mg elevados e de Fe_T e F reduzidos e reflectem a faixa de turmalinização identificada ($\approx 10 \text{ m}$). O enriquecimento em Ca e Mg nestas turmalinas, proveniente dos metassedimentos, reflecte a fraca razão rocha/fluido indicando, assim, que a composição destas turmalinas é tamponizada pela rocha. Já a depleção de Fe pode ser explicada através da reação entre a dissolução da biotite e a cristalização da turmalina, expressa por:



em que a dissolução da biotite conduz à instabilização do K e Fe, permanecendo ambos em solução sob a forma de cloretos no fluido hidrotermal (Orlando *et al.*, 2017). Desta forma, uma vez que o Fe é complexado, as turmalinas que cristalizam são enriquecidas em Mg. Por outro lado, as turmalinas tardias (Tur II), correspondentes aos bordos das turmalinas dos metassedimentos turmalinizados, às turmalinas do veio de apatite e dos metassedimentos silicificados e com mineralização em Sn-W, com conteúdos de Mg e Ca inferiores e Fe_{Total} e F superiores, marcam a presença de um fluido com características semelhantes ao fluido mineralizante, enriquecido em Fe e F, responsável pelas mineralizações de Sn-W de Vale Pião. A composição destas turmalinas (Tur II) reflecte, portanto, uma forte interação fluido/rocha e, como tal, a composição das mesmas é tamponizada pelo fluido. O enriquecimento em Fe é explicado no seguimento da equação VII.1, através da instabilização, por decréscimo das condições P-T, dos complexos de Fe-Cl que permanecem no fluido por dissolução da biotite. Ocasionalmente, observam-se núcleos herdados de turmalina metamórfica. Os zonamentos composicionais observados, materializados do núcleo para o bordo dos grãos, são compatíveis com os zonamentos de turmalinas de depósitos análogos (*e.g.* Neiva *et al.*, 2007; Codeço *et al.*, 2017). A depleção de Ca nos bordos relativamente aos núcleos das turmalinas poderá ser explicada pelo consumo do Ca disponível no sistema por outras fases minerais tais como a apatite e ou scheelite e/ou

pela incorporação total, nos núcleos, de Ca disponível. O mesmo processo poderá explicar a depleção de Mg nos bordos, possivelmente incorporado nos filossilicatos. Note-se que, os metassedimentos, neste caso referindo principalmente os níveis pelíticos do xisto, terão tido um papel importante no que se refere às contribuições de Fe para os bordos das turmalinas. Segundo Henry e Dutrow (2011), a introdução de F na turmalina é limitada pela sua estrutura, composição e concentração de F no fluido, porém, dado que a percentagem de vazios existentes na posição X é <50%, a incorporação de F torna-se apenas dependente da concentração de F no fluido hidrotermal, confirmando-se de facto o enriquecimento em F no fluido. Salienta-se também que a interação contínua entre o fluido e as rochas encaixantes terão contribuído para o arrefecimento progressivo do fluido e consequente zonamento caracterizado por núcleos e bordos composicionalmente distintos (Lecumberri-Sanchez *et al.*, 2017). Em suma, conclui-se que a composição das turmalinas, expressas substancialmente na faixa de turmalinização patente nas rochas de Vale Pião, é fortemente dependente dos seguintes factores: i) da composição química dos metassedimentos hospedeiros da mineralização (xistos com intercalações de níveis pelíticos e psamíticos), que certamente terão sido os principais responsáveis pelas contribuições de Ca, Fe, Mg e Al necessárias à génese da turmalina abundante; ii) dos conteúdos de B, F e Na presentes no fluido hidrotermal; iii) da co-precipitação de outras fases minerais (filossilicatos, apatite, scheelite, rútilo, ilmenite); iv) e do arrefecimento do fluido num ambiente hidrotermal dinâmico e caracterizado pela injeção de múltiplos pulsos de fluido.

Nas duas gerações de granada os zonamentos observáveis são oscilatórios (figura VI.40-C). A Grt I apresenta valores de Cr, Fe²⁺, Mn e Mg superiores no núcleo e valores de Si, Ti e Ca superiores no bordo. As Grt II não denotam variações composicionais significativas, sobressaindo apenas conteúdos relativamente superiores de Ti, Cr e Fe²⁺ no núcleo e de Si e Ca no bordo. É constante em ambas as gerações o enriquecimento em Cr e Fe²⁺ no núcleo e o enriquecimento em Si e Ca no bordo dos cristais de granada. Estes zonamentos são interpretados como possíveis alternâncias nas taxas de crescimento das granadas, como sugerido anteriormente por Jamtveit e Hervig (1994), Smith *et al.* (2004) e Gaspar (2005) ou como resultado de pulsos distintos de fluido, uma vez que o fluxo dos fluidos hidrotermais é controlado por períodos de inatividade entre episódios de hidrofaturação e consequente influxo e crescimento gradual do mineral a partir de uma porção de fluido, de maneira que os coeficientes de distribuição só permanecerão constantes se a composição do fluido se mantiver inalterada (Brugger *et al.*, 2000; Smith *et al.*, 2004). As variações composicionais da granada evidenciam o seu potencial para inferir diversas condições geológicas tais como ambiente de formação, pressão e temperatura, composição química dos fluidos envolvidos e evolução magmática (Schingaro *et al.*, 2016), porém carecem de um estudo mais detalhado.

Alteração hidrotermal (importância na prospeção)

No decorrer deste estudo foram identificados diversos tipos de alteração hidrotermal (figura VII.2) patentes essencialmente nos metassedimentos, tais como turmalinização e biotitização (alteração potássica), alteração filítica (silicificação, sericitização e piritização), cloritização (alteração propilítica), e ainda um halo de alteração metassomática constituído essencialmente por granada e cassiterite. Observaram-se ainda fenómenos de sulfidização intensa (piritização, pirrotitização, marcassitização e arsenopiritização).

Nos níveis pelíticos do xisto os principais tipos de alteração observados são a turmalinização e a biotitização (figura VII.2), para além da cloritização. Presumindo que não existiram condições favoráveis à cristalização de feldspato potássico e que elementos como Fe e Mg (necessários à formação de biotite) se encontravam disponíveis nos metassedimentos, o que se verifica é, de facto, a cristalização relativamente abundante de biotite. A turmalinização, mencionada anteriormente por Parra (1988) para o jazigo de Vale Pião, representa o tipo de alteração hidrotermal preponderante nas

amostras estudadas e manifesta-se sobretudo sob a forma de bandas centimétricas que delimitam as zonas de encosto entre os veios e a intersecção com os níveis pelíticos de xisto, formando, por vezes, salbandas de turmalina. A cristalização de turmalina abundante resulta da interação entre um fluido rico em B e os níveis pelíticos do xisto ricos em biotite. Depreende-se, portanto, que a dissolução da biotite é o principal factor que controla a cristalização da turmalina (equação VII.1) provocando, consequentemente, a mobilização do Fe, K e Ti para o fluido, e favorecendo a cristalização, por variações nas condições P-T e instabilização dos complexos, de fases minerais como rútilo, ilmenite, sulfuretos e ainda contribuindo para a alteração filítica (Orlando *et al.*, 2017). Note-se que a concentração de NaCl no fluido hidrotermal é um factor importante no controlo da composição da turmalina originada e, segundo Fonseca *et al.* (2017), a salinidade do fluido mineralizante responsável pela mineralização de Vale Pião varia entre 5.2-7.7 wt. % eq. NaCl, o que indica contribuições significativas de Na para a composição da turmalina. A incorporação de Na e Ca na posição X da estrutura das turmalinas pode ser utilizada como um marcador da composição do fluido (Von Goeme *et al.*, 2001; Von Goeme *et al.*, 2011). Estes tipos de alteração (turmalinização e biotitização) são frequentes em sistemas mineralizantes de Sn-W análogos (*e.g.* Panasqueira, Vale das Gatas, Argozelo, entre outros) e, segundo Thadeu (1965, em Conde *et al.*, 1971) poderá indicar proximidade à cúpula granítica. Sincronamente, a turmalinização é acompanhada por abundância de apatite, rútilo e ilmenite e, ainda, sulfidização intensa, em que a arsenopirite representa o sulfureto predominante (arsenopiritização) secundada por fases sulfuretadas como pirite, pirrotite, marcassite, esfalerite e galena. Importa também realçar a recristalização de filossilicatos, tais como moscovite e biotite. A mineralização associada aos metassedimentos turmalinizados expressa-se essencialmente sob a forma de scheelite \pm cassiterite. A volframite não foi identificada nos metassedimentos com turmalinização. Ainda que ocorra raramente, a presença de cassiterite associada à turmalinização é expectável dada a elevada afinidade geoquímica do Sn para com o F e B (Pollard *et al.*, 1987). Note-se que, nos minerais hidrotermais hidratados associados a estes tipos de alteração hidrotermal (turmalinização e biotitização) existe sistematicamente um enriquecimento em F. A associação entre o tipo de alteração hidrotermal e a mineralização principal que ocorre nestes metassedimentos, sugere a presença de um fluido hidrotermal redutor, com elevada actividade do Ca (razão Ca/Fe elevada) acompanhada por decréscimo de temperatura responsável pela deposição de scheelite e apatite, constituído por elementos como W, P, Sn, Ti, F e B, sob condições de fO_2 moderada a reduzida e fS_2 elevada (figura VII.3). A turmalinização e a biotitização representariam o equivalente a uma alteração potássica, indicando ambientes típicos de maior temperatura (500-600°C) e de carácter mais proximal à intrusão granítica e, como tal, são definidos como estádios de alteração hidrotermal precoces (Robb, 2004).

O intervalo de cloritização ocorre nos níveis pelíticos do xisto e a mineralização identificada neste intervalo é representada essencialmente por cassiterite \pm scheelite. Observa-se frequentemente a presença de apatite, óxidos de Fe-Ti, pirite, esfalerite e, pontualmente, greenockite nos metassedimentos com cloritização. Foi identificado um intervalo de, pelo menos, 4 m de espessura que representa um halo de alteração metassomática definido por um enxame de granadas e cassiterites, associado aos metassedimentos com cloritização. As granadas analisadas revelam uma composição geral expressa por $Gro_{42}Esp_{31}Alm_{23}$, a qual é compatível com a composição de granadas geradas em sistemas metamórficos/metassomáticos a partir de fluidos reduzidos, isto é, com componente almandínica e esferissartínica apreciáveis (Newberry, 1983; Gaspar *et al.*, 2008). Salienta-se que no intervalo de cloritização é verificado um incremento em certos elementos como Ca, Mn e Zn, demonstrado não só pela presença abundante de fases minerais de Ca (como scheelite, granada e apatite), como pelos conteúdos mais elevados em Ca, Zn e Mn nas esfalerites (Zn e Mn), ilmenites (Zn e Mn), scheelites (Ca e Mn) e clorites (Ca) analisadas neste intervalo de cloritização, comparativamente aos conteúdos obtidos para as mesmas fases minerais nos restantes intervalos de alteração hidrotermal descritos acima. O enriquecimento em Ca será proveniente dos metassedimentos

dos níveis calossilicatados e carbonatados patentes no CXG. A incorporação tendencial de Zn e Mn, elementos móveis que representam zonas de alteração hidrotermal distal (Robb, 2004), aponta para o carácter distal da esfalerite, ilmenite e scheelite no intervalo de cloritização. Assim, supõe-se que a cloritização intensa corresponde ao equivalente lateral da turmalinização, porém de carácter mais distal, traduzindo-se também na alteração das biotites, e é interpretada como um fenómeno de alteração propilítica. A associação mineral identificada e os conteúdos registados sugerem que, ao longo do percurso evolutivo do fluido hidrotermal e da sua passagem através dos metassedimentos, a razão Ca/Fe incrementou, a fS_2 reduziu uma vez que a presença de sulfuretos é pouco abundante, e nesta etapa, o fluido hidrotermal é principalmente constituído por Ca, W, P, F, Fe, Mg, Zn e Mn.

A silicificação intensa patente nos níveis psamíticos dos xistos, identificada também por Parra (1988), resulta na neoformação do quartzo nesses níveis e preenchimento dos veios. Associado à silicificação observam-se, também, fenómenos de sericitização e piritização. Estes três tipos de alteração representam uma alteração filítica, tipicamente identificada pela associação mineralógica quartzo-moscovite-pirite (Robb, 2004; figura VII.2). Como resultado deste tipo de alteração, observam-se diversas gerações de quartzo, moscovite e pirite, assim como uma destruição local quase total da textura original da rocha, produzindo a textura *vuggy* observada nos metassedimentos. Tipicamente, a alteração filítica é o corolário da infiltração de fluidos hidrotermais, com pH reduzido (ácido), que disponibilizam iões H^+ necessários à cristalização de filossilicatos (Hemley e Jones, 1964 em Beaufort *et al.*, 2015). Associado à alteração filítica é frequente a presença de rútilos, filossilicatos e sulfuretos (pirrotite e rara arsenopirite). Relativamente à mineralização, ao contrário do verificado para o intervalo de alteração potássica, nos intervalos de alteração filítica a mineralização preponderante corresponde a volframite + cassiterite \pm scheelite. A predominância de volframite em relação à scheelite insinua condições de temperatura e razão Ca/Fe no fluido mais reduzidas (Wood e Samson, 2000). Características de ambientes de menor temperatura (Wallace e Maher, 2019), a cloritização (alteração propilítica) e a alteração filítica (silicificação, sericitização e piritização) representam tipos de alteração mais distal e tardia relativamente à turmalinização e biotitização (alteração potássica).

Na grande maioria das amostras analisadas, tanto de metassedimentos como de veios, foi identificada sulfidização intensa, predominante nos níveis pelíticos, representada por arsenopirite, pirite, pirrotite e calcopirite e secundada por fases como a esfalerite, galena, marcassite, covelite e estanita. A marcassitização da pirite surge com frequência nos bordos da pirite ou nas fraturas da mesma (figura V.2-D). A pirrotitização da pirite também é um processo relativamente comum nos metassedimentos, denunciado pela pseudomorfose dos cubos de pirite. A piritização da pirrotite é menos comum. A arsenopiritização é frequente nas rochas encaixantes turmalinizadas e expressa-se por *clusters* abundantes de cristais tabulares/aciculares de arsenopirite (figura V.4-G).

É importante referir ainda que, nos metassedimentos com alteração hidrotermal e definidos como proximais (os metassedimentos com turmalinização e biotitização) a uma possível cúpula granítica em profundidade, foram obtidos conteúdos reduzidos em Sn e identificadas menos frequentemente cassiterites, relativamente aos metassedimentos hidrotermalmente alterados e definidos como distais (predominantemente nos metassedimentos com alteração propilítica-cloritização) evidenciando efectivamente a possível existência de outra cúpula granítica, não identificada, responsável pela presença abundante de cassiterite e granada nos metassedimentos com cloritização.

Os tipos de alteração descritos acima afiguram-se como os mais comuns associados a depósitos de Sn-W e que afectam essencialmente as rochas hospedeiras da mineralização (Robb, 2004; Lecumberri-Sanchez *et al.*, 2017). A presença de processos de turmalinização, biotitização, sericitização e silicificação das rochas encaixantes, tipicamente indica que o B, F e Si foram elementos

introduzidos nas rochas encaixantes no decorrer da precipitação do minério a partir do fluido mineralizante com componente magmática significativa (Oosterom *et al.*, 1984).

A alteração hidrotermal imposta nos xistos negros é, de facto, a sulfidização, não tendo sido observados fenómenos de alteração hidrotermal do tipo turmalinização, cloritização, entre outros, o que aparentemente indica que os xistos negros apenas funcionaram como armadilhas para a deposição de sulfuretos (nomeadamente arsenopirite, pirite, pirrotite), devido ao seu carácter extremamente reduzido. É nos xistos negros que se observa, ainda que raramente, mineralização em Au-Ag, sob a forma de electrum disseminado nos metassedimentos e/ou em fraturas da arsenopirite.

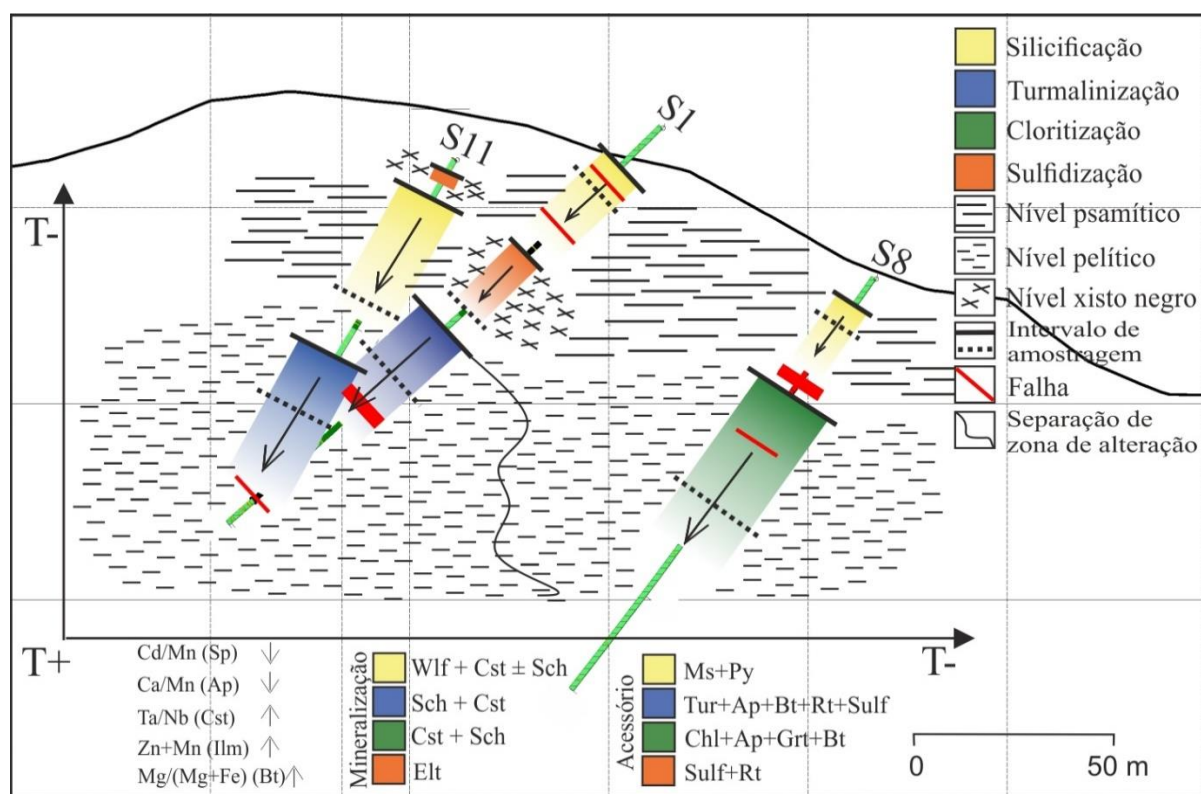


Figura VII.2- Esquema representativo dos principais tipos de alteração, tipos de mineralização, fases minerais acessórias associadas, tipos de metassedimentos e razões elementares características de cada mineral, presentes nas 3 sondagens da mina de Vale Pião amostradas para este relatório, que poderão ser utilizados como vectores de prospecção mineral.

Origem, transporte e deposição de W-Sn (condições do sistema mineralizante)

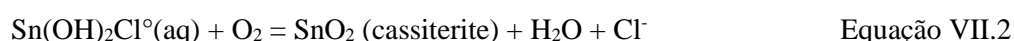
Diversos autores enaltecem a forte dependência verificada entre as mineralizações de Sn-W e a ocorrência de afloramentos graníticos variscos ou maciços graníticos não aflorantes mas cuja presença, em pequena profundidade, é denunciada pela existência de auréolas de metamorfismo de contacto (Adónis, 1970; Parra, 1988). Os maciços graníticos do Coentral e de Espariz-Carrozelo, aflorantes a 12 km a SW e 20 km a NNE de Góis, respectivamente, correspondem aos afloramentos graníticos mais contíguos das mineralizações de W-Sn e Au/Ag de Vale Pião, porém as mineralizações serão provenientes de uma cúpula granítica não aflorante. A mineralização de Vale Pião ocorre principalmente em filões de quartzo, sub-horizontais, mas também nas rochas encaixantes, acompanhada por uma associação mineral que se caracteriza por um importante desenvolvimento de fases pneumatolíticas e hidrotermais que levaram à formação de zonas ricas em cassiterite, scheelite e mais raramente volframite, e a uma particular acumulação de sulfuretos.

Em virtude da complexidade do comportamento geoquímico do W e do Sn em soluções hidrotermais, pretende-se, de forma resumida, esclarecer algumas questões que ainda permanecem e

que estão relacionadas com a origem, transporte e deposição de Sn e W. No geral, a formação dos depósitos de W está intimamente relacionada com magmas graníticos reduzidos, de origem crustal, resultantes da fusão de rochas sedimentares enriquecidas em W (Romer e Kroner, 2014-16; Lecumberri-Sanchez *et al.*, 2017). A cristalização fraccionada nesses magmas reduzidos conduz ao enriquecimento selectivo de elementos incompatíveis, tais como W, no magma silicatado residual (Candela, 1992) e a saturação em voláteis magmáticos ricos em álcalis resulta na migração do W para a fase fluida hidrotermal (Manning e Henderson, 1984; Goldmann *et al.*, 2013). Finalmente, a precipitação de minerais de W, dependente da disponibilidade de Ca, Mn e Fe nas rochas hospedeiras, concorre para a concentração focalizada do W e consequente formação de depósitos económicos de W (Audétat *et al.*, 2000; Lecumberri-Sanchez *et al.*, 2017). O tungsténio (nomeadamente o ião W^{6+}), uma vez que se comporta como um ácido forte, revela uma elevada tendência para formar complexos com bases fortes (O^{2-} , F^- , OH^- , CO_3^{2-} , PO_4^{3-}), sendo esses complexos designados por iso- e heteropolitungstos. Os isopolitungstos agrupam-se em monotungstos (WO_4^{2-} , HWO_4^- e H_2WO_4) e politungstos ($H_xW_yO_z^{n-}$), os quais são caracterizados como as espécies dominantes em meios com pH básicos (> 7) e meios com pH mais ácidos, respectivamente. Os heteropolitungstos, dominantes em condições de pH muito ácido, definem-se como a conjugação de politungstos a elementos como Si, P, As, B, Sb, entre outros, em que estes elementos correspondem aos átomos centrais, formando complexos do tipo $[P(W_{12}O_{40})]^{3-}$, $[Si(W_{12}O_{40})]^{4-}$, $[H_2(W_{12}O_{40})]^{6-}$, em que $[W_3O_{10}]^{2-}$ ocorre em coordenação, sendo o heteropolitungstato de P o mais estável (Barabanov, 1971; Manning e Henderson, 1984; Jiamin, 1987). Desta forma, em soluções hidrotermais de alta temperatura, o W ocorre predominantemente no estado de oxidação W^{6+} , em coordenação octaédrica com oxigénios, e é transportado essencialmente como isopolitungstos e heteropolitungstos (Wood, 1992; Wood e Samson, 2000; Schmidt *et al.*, 2020). A razão pela qual é aceite a hipótese do W migrar, fundamentalmente, sob a forma de heteropolitungstos, reside no facto de após decomposição dos heteropolitungstos, decorrer a libertação dos elementos que ocorrem conjugados (P, As, Si, entre outros) conduzindo assim à formação de fases minerais como apatite, arsenopirite e quartzo que ocorrem em frequente associação com a volframite e scheelite (Manning e Henderson, 1984; Jiamin, 1987). Salienta-se a forte tendência do W particionar preferencialmente para a fase fluida e, como tal, a origem da maioria dos depósitos de W ser hidrotermal (Schmidt *et al.*, 2020). Segundo Jiamin (1987), existem dois mecanismos fundamentais que competem para a precipitação da scheelite: i) reações químicas entre soluções hidrotermais portadoras de W e as rochas envolventes, as quais incorporam minerais de Ca, incrementando assim a razão Ca/Fe; ii) precipitação da scheelite directamente da solução hidrotermal, isto é, neste caso tanto o Ca como o W são transportados na solução hidrotermal e, por variações dos parâmetros físicos e químicos do meio (como decréscimo da temperatura), ocorre a instabilização dos complexos e a scheelite precipita. Note-se que, apesar da rara ocorrência de minerais primários de Ca nos xistos hospedeiros da mineralização, o incremento de Ca no fluido terá resultado da lixiviação dos níveis calcossilicatados e carbonatados a topo do CXG, no decurso da passagem do fluido hidrotermal, salientando-se, portanto, a provável precipitação da scheelite como resultado de precipitação directa a partir de um fluido hidrotermal enriquecido em Ca e W. A volframite pode precipitar apenas por arrefecimento de um fluido rico em Fe-W, com razão Ca/Fe baixa, sem a necessidade de estabelecer reações com a rocha encaixante (Heinrich, 1990), realçando-se ainda o papel fundamental do fluido hidrotermal na origem do W e dos metassedimentos hospedeiros como principais fornecedores do Fe necessário à precipitação de volframite. De acordo com Wood e Samson (2000), a razão Ca/Fe de uma solução em equilíbrio com scheelite e ferberite decresce fortemente com o incremento da temperatura, isto é, o campo de estabilidade da scheelite aumenta proporcionalmente com o incremento da temperatura; consequentemente, de forma a atingir a substituição da ferberite por scheelite, é necessário o incremento da razão Ca/Fe concomitante com o decréscimo de temperatura, salientando-se que a razão Ca/Fe é relativamente independente do pH.

Esta associação scheelite-ferberite apenas foi identificada, esporadicamente, por Martins (2017), em testemunhos da sondagem S9.

Relativamente ao Sn, diversos estudos (*e.g.* Heinrich, 1990; Neiva, 2008; Duc-Tin *et al.*, 2007; Mateus e Noronha, 2010) demonstraram que as principais mineralizações de Sn, que se manifestam geralmente sob a forma de cassiterite, são geradas a partir de fluidos salinos de origem magmática, inicialmente equilibrados com a fonte granítica a altas temperaturas ($> 400^{\circ}\text{C}$), que são transportados e focalizados em variadas estruturas (veios, brechas, etc), e após reagirem irreversivelmente com as rochas hospedeiras, num ambiente deposicional de menor temperatura, precipitam o Sn dissolvido conduzindo à formação da cassiterite. Apesar desta sequência geral de processos estar relativamente bem definida, existem ainda mecanismos relativos ao transporte e enriquecimento de Sn que carecem de estudos mais aprofundados. Na crosta terrestre o estanho surge essencialmente sob dois estados de valência: Sn^{4+} , o qual origina o principal mineral dos depósitos de Sn (cassiterite- SnO_2), promove também a formação de alguns complexos e, provavelmente, predomina nos magmas graníticos; e o Sn^{2+} que ocorre sob a forma de complexos (SnCl_2), os quais representam as espécies mais relevantes nos fluidos hidrotermais, visto que constituem os principais transportadores de Sn, em condições ácidas redutoras/moderadamente oxidantes ($T > 300^{\circ}\text{C}$) (Heinrich, 1990; Taylor e Wall, 1992). Note-se que, ao contrário do W, o Sn evidencia uma forte preferência para particionar para o magma e não para a fase fluida, ainda assim fluidos magmáticos exsolvidos, com elevadas concentrações de HCl, poderão constituir agentes eficientes na mobilização do Sn dos granitos ou das rochas encaixantes (Schmidt, 2018; Schmidt *et al.*, 2020). Resultados obtidos por diversos autores confirmam que a solubilidade da cassiterite, que é fortemente dependente da concentração de HCl no fluido e pouco dependente da temperatura (Wilson e Eugster, 1990; Schmidt, 2018), em fluidos com HCl é cerca de duas vezes mais elevada relativamente a fluidos com NaCl ou HF e que o Sn é essencialmente transportado como $\text{Sn}^{4+}\text{-Cl-OH}$ em fluidos com NaCl; como $\text{Sn}^{4+}\text{-Cl-OH}$ e SnCl_2 em fluidos com HCl; e como SnF_2 em fluidos com HF (Wood e Samson, 1998; Duc-Tin *et al.*, 2007). Os principais factores que concorrem para a precipitação da cassiterite traduzem-se no incremento do pH e da $f\text{O}_2$ e decréscimo da temperatura e pressão. O processo de oxidação (consumo de H_2) resultante da ebulição dos fluidos (*fluid boiling*) e as reações com as rochas hospedeiras refletem outro mecanismo importante para a precipitação da cassiterite (Heinrich, 1990). Assim, com o aumento da $f\text{O}_2$, a precipitação da cassiterite a partir de uma solução é controlada pela seguinte reação:



Segundo Heinrich (1990), a mistura entre fluidos de origem magmática portadores de Sn e fluidos meteóricos de baixa temperatura e salinidade e pH neutro, afigura-se igualmente como um processo relevante na redução da solubilidade e consequente deposição da cassiterite.

Importa também salientar o papel dos voláteis (F, Cl e B) e do P no sistema de Vale Pião. Tipicamente os sistemas graníticos muito evoluídos ricos em voláteis são enriquecidos em Sn e elementos incompatíveis como F, Li, P, B, W, Rb, Cs e Be e empobrecidos em Sr, Ba, Zr e ETR (elementos terras raras) (Pinto *et al.*, 2014). O F e o B estão frequentemente associados a diversos processos de evolução magmática e pós-magmática de depósitos de Sn, tais como cristalização fraccionada, alteração da rocha encaixante, transporte e deposição de metais (Pollard *et al.*, 1987). Repare-se que a presença de B, F e P em magmas graníticos resulta no decréscimo da T_{solidus} , no aumento da solubilidade do H_2O e na despolimerização dos fundidos silicatados, o que consequentemente incrementa a solubilidade do Sn, W, Nb e Ta e de outros elementos incompatíveis, promovendo a concentração de espécies metálicas no magma residual e posterior formação de depósitos magmático-hidrotermais (Manning, 1981; Dingwell *et al.*, 1985; Pollard *et al.*, 1987; London *et al.*, 1993; Toplis e Dingwell, 1996). Considerando, ainda, a forte afinidade do Ti para fixar-

se em minerais magmáticos, destacam-se duas possibilidades para a sua incorporação no sistema hidrotermal: i) a moscovitização de minerais magmáticos que contêm Ti, tais como biotite, favorecendo a incorporação de parte do Ti libertado para o rútilo e ilmenite enquanto o restante Ti escapa para os fluidos exsolvidos responsáveis pela mineralização de Sn-W (Fernández-Leyva, 2007; Ruiz *et al.*, 2008); ii) a contaminação através da circulação de fluidos hidrotermais provenientes das rochas metassedimentares hospedeiras, contribuindo não só com Ti mas, também, com Mg, Ca, Sr e Ba (Llorens, 2011; Llorens e Moro, 2012). Tendo em conta que a solubilidade do Ti é dependente da composição, temperatura e pH do fluido, realça-se o incremento da mobilidade de Ti especialmente em soluções ácidas ricas em F, dada a sua elevada tendência para formar complexos com o F^- , Cl^- e OH^- . Consequentemente, a cristalização de fases minerais de F (fluor-apatite) conduz ao aumento da actividade do Ti favorecendo a cristalização do rútilo (Ryzhenko *et al.*, 2006; Rapp *et al.*, 2010), o que é corroborado pela presença frequente de rútilo e apatite nos metassedimentos de Vale Pião. Tendo em conta a abundância de fases minerais de F, B e P, tais como fluor-apatite e turmalina, e de fases minerais de Sn, W, Nb, Ta e Ti (cassiterite, volframite, scheelite, rútilo, ilmenite), tipicamente associadas a depósitos de W-Sn de origem magmático-hidrotermal (Polya, 1989; Chicharro *et al.*, 2016), presentes nos metassedimentos estudados, invoca-se uma vez mais a forte associação com essa mesma origem para as mineralizações de W-Sn de Vale Pião.

Através do estudo de inclusões fluidas é possível constranger de forma aproximada as condições P-T-X dos fluidos mineralizantes responsáveis pela génese das mineralizações. Dados de inclusões fluidas reportados anteriormente (Fonseca *et al.*, 2017), relativos a uma amostra de um filão de quartzo com escassa mineralização em cassiterite, de uma sondagem (S4) da área de Vale Pião, revelaram o seguinte: presença de inclusões fluidas pseudo-secundárias aquo-carbónicas (CO_2-CH_4) e aquosas salinas sugerindo um sistema $H_2O-CO_2-CH_4$ ou $H_2O-CO_2-CH_4-N_2$; os componentes dominantes são o Na^+ , Cl^- , Ca^{2+} , K^+ ; a salinidade varia entre 5,2 a 7,7 wt. % eq. NaCl; as temperaturas de homogeneização (TH) e de aprisionamento (Ta) indicaram um sistema com temperaturas entre os 280°C e os 515°C, para pressões de 1kb e evidenciaram o carácter polifásico do quartzo. Tais resultados são compatíveis com os dados existentes na bibliografia para sistemas análogos (*e.g.* Panasqueira, Cligga Head, Pasto Bueno), os quais indicam que a precipitação da scheelite e volframite é favorecida a partir de fluidos moderadamente ácidos, entre os 200-500°C, 200-1500 bars, com salinidade inferior a 15 wt. % NaCl, sendo Na^+ e Cl^- as espécies dominantes e Ca^{2+} , K^+ e espécies carbonatadas (CO_3^{2-}/HCO_3^-) as espécies secundárias (Noronha *et al.*, 1992; Wood e Samson, 2000). O que difere entre Góis e os sistemas análogos referidos é de facto a existência de fenómenos de ebulição, compatíveis com despressurização associada a fracturação hidráulica que contribuiu para o desenvolvimento das brechas, sugerido pelo facto de existirem inclusões fluidas com diferentes razões líquido/vapor e igual temperatura de homogeneização parcial (Th), que homogeneizaram quer para líquido quer para vapor. Ainda que não tenham sido realizadas análises microtermométricas de inclusões fluidas em scheelite, foi possível observar a presença de inclusões fluidas de diversas dimensões e formas, bifásicas (L+V) e trifásicas (L+V+S), pseudo-secundárias.

Foram construídos diversos diagramas log fO_2 -pH para, juntamente com dados coligidos anteriormente, tentar restringir de forma aproximada algumas das condições do sistema mineralizante de Vale Pião. Desta forma, incidindo essencialmente na estabilidade dos sulfuretos principais (arsenopirite, pirite, pirrotite), deduz-se que as condições mais favoráveis à sua coexistência, correspondem, de facto, a $T \approx 250-350^\circ C$, $P \approx 1-2$ kbar, $\Sigma S \approx 10^{-2}-10^{-3}$, $\log fO_2 \approx -48$ e -30 e $pH < 7$, indicando, portanto, um ambiente reduzido e ácido (figura VII.3). De acordo com Soloviev *et al.*, (2017) a estabilidade da scheelite e da volframite varia essencialmente em função do pH e predominam preferencialmente nos campos de estabilidade da pirite, pirrotite e arsenopirite, associação frequente nos testemunhos estudados.

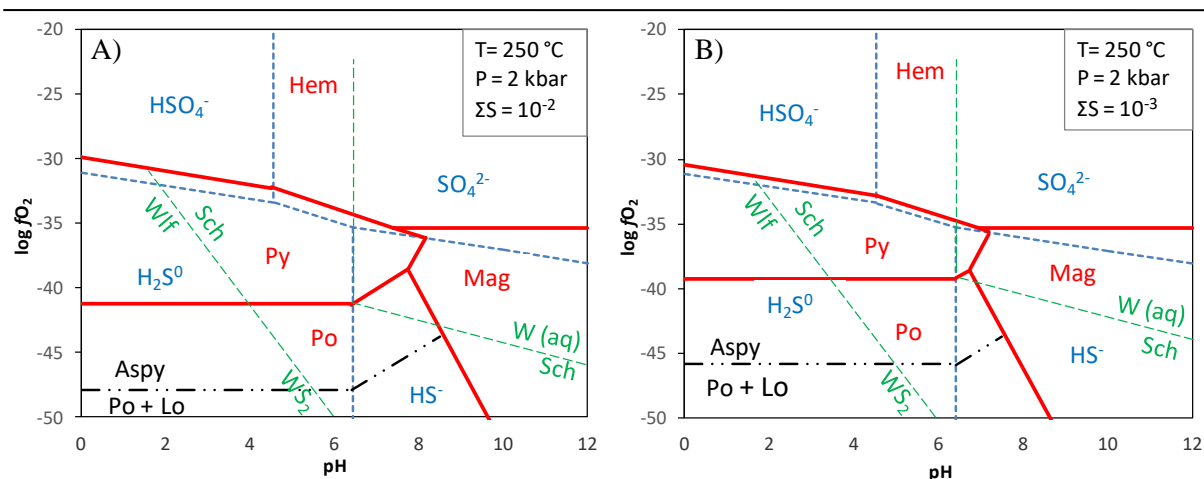


Figura VII.3 - Diagramas $\log fO_2$ -pH evidenciando os campos de estabilidade dos sulfuretos principais. Apenas estão representados dois dos diagramas efectuados, os quais apresentam condições semelhantes apenas variando o ΣS entre 10^{-2} (A) e 10^{-3} (B). As linhas azuis a tracejado separam os campos de predominância das espécies aquosas de enxofre; as linhas vermelhas separam os campos de estabilidade dos minerais de Fe; as linhas pretas separam o campo de estabilidade das espécies arsenopirite-pirrotite+loellingite; as linhas verdes a tracejado separam o campo de estabilidade da volframite - scheelite - W (aq). Para calcular os campos de estabilidade de cada espécie representada utilizaram-se os dados termodinâmicos da base de dados do SUPCRT92 e as respectivas reações químicas basearam-se nos artigos de Wood et al., (1998) e Soloviev et al., (2017).

Mineralização de Au±Ag

Durante o processo de amostragem foram seleccionadas amostras de testemunhos de sondagens de Vale Pião que, de acordo com análises efectuadas pela EDM, pertenciam a intervalos que continham teores de Au (anexo 1.7, 1.8 e 1.9). Após descrição detalhada verificou-se que a maioria das amostras pertencentes a esses intervalos correspondem a metassedimentos de níveis psamíticos do xisto, afectados pela alteração filítica (silicificação±sericitização±sulfidização), contudo não foi identificada presença de fases minerais de Au/Ag nesses metassedimentos. Tendo em conta que o tipo de alteração associado é caracterizado por destruir quase por completo a textura original da rocha, produzindo uma textura *vuggy*, supõem-se que o electrum tenha sido incorporado nas cavidades resultantes dessa textura, tornando assim a identificação de electrum extremamente difícil. Ainda assim, reconheceram-se diversos grãos de electrum, de dimensões extremamente reduzidas, associados às fases minerais arsenopirite e pirite e/ou em microfraturas na arsenopirite, patentes nos níveis de xisto negro onde apenas foi identificada alteração hidrotermal representada por sulfidização intensa. Salienta-se, portanto, que a presença de electrum na totalidade de amostras estudadas é bastante atípica e que não foram identificadas fases minerais de Bi e Te, tipicamente associadas às mineralizações de Au/Ag, o que dificulta à partida qualquer tipo de associação. Não obstante, diversos autores reconheceram a presença de electrum e de fases minerais de Bi, Te e Pb associadas, tais como joseíte, protojoseíte, maldonite, bismutinite e bismuto nativo, nos metassedimentos de outras sondagens (S4, S9 e S12) de Vale Pião. Contudo, a variação em termos de conteúdo de Au e Ag e a distribuição espacial irregular dessas fases minerais, ainda que preponderantes em brechas, constituíram, uma vez mais, obstáculos à compreensão do seu modo de ocorrência (Parra, 1988; Martins, 2017).

As análises de química mineral efectuadas aos grãos de electrum identificados revelam valores de Au e Ag variáveis e conteúdos traço de Fe, Bi, W e Te. Estes dados assemelham-se aos dados obtidos por Martins (2017) para grãos de electrum, depositados também em fraturas na arsenopirite, de amostras de testemunhos de outras sondagens de Vale Pião. Estas fases minerais (electrum e arsenopirite) sistematicamente tendem a coexistir, evidenciando o carácter da arsenopirite como armadilha geoquímica de Au, uma vez que a sua superfície funciona como um local privilegiado para a adsorção de Au (Moller, 1993). Os mecanismos de transporte e precipitação de Au são ainda

relativamente difíceis de constranger. Contudo, é notório que a precipitação do Au resulta de uma combinação de factores tais como variações na pressão, temperatura, fO_2 , fS_2 , salinidade, separação de fases, entre outros (Ciobanu *et al.*, 2005; Ciobanu *et al.*, 2010; Soloviev *et al.*, 2017). Um dos processos que conduz à variação de todos estes fatores é, de facto, a mistura de fluidos. A identificação de inclusões fluidas com salinidades variáveis, a existência de brechas, a variabilidade composicional mineral e o controlo estrutural das mineralizações manifestam a presença de múltiplos pulsos de fluido, possivelmente de composições algo distintas. Apesar do Te e Se serem elementos calcófilos e partilharem uma afinidade geoquímica com o Au, ocorrem em conjunto principalmente quando Ag e Bi estão presentes (Cook *et al.*, 2009). A comum associação dos LMCE (*low-melting point chalcophile elements*), tais como Bi, Sb, As, Te, etc, com Au é de extrema importância, devido ao facto destes actuarem como colectores (*scavengers*) do Au. A frequente associação Au-Bi-Te, intimamente relacionada com ambientes reduzidos, indica temperaturas de deposição do Au entre os 235- 271 °C (Barton e Skinner, 1979). Segundo Cook *et al.* (2009) e Ciobanu *et al.* (2010) as fases minerais pirite + bismutinite + Au, frequentemente identificadas por Martins (2017) nos metassedimentos de Vale Pião, são estáveis sob condições de pH entre 5-8, 250 °C, 500 bars, fO_2 entre $10^{-37.5}$ e 10^{-45} e baixa salinidade. Nestas condições o Au é transportado sob a forma de complexo $Au(HS)^-$. A presença de Te requer condições mais oxidantes e, na presença de Bi nativo, a maldonite e a bismutinite são estáveis sob condições mais reduzidas, equivalentes ao campo de estabilidade da pirrotite-magnetite. Salienta-se a forte afinidade do Te para com a fase de vapor, indicando que processos de ebulição como resultado de despressurização do sistema causados por brechificação, como se identificou em Vale Pião, poderão contribuir para o transporte do Te (Cook *et al.*, 2009). Os valores sugeridos para a deposição do Au são compatíveis com os dados obtidos de inclusões fluidas para o sistema mineralizante da área de estudo (Fonseca *et al.*, 2017). Tais condições são também congruentes com as condições de deposição de scheelite, segundo Soloviev *et al.*, (2017). A associação Au-Bi-Te-(S), a temperaturas superiores às referidas anteriormente, poderá também ser traduzida na segregação destes fundidos a partir de fluidos hidrotermais (*e.g.* Douglas, 2000; Ciobanu *et al.*, 2005; Ciobanu *et al.*, 2010). Portanto, os dados sugerem duas hipóteses: i) enriquecimento em Au, Bi, Te no mesmo fluido hidrotermal responsável pela mineralização de W-Sn, como resultado da evolução, intensa diferenciação magmática e partição preferencial para a fase fluida, seguido de transporte sob a forma de complexos (preferencialmente $Au(HS)^-$) e deposição em seguimento do decréscimo de temperatura e fO_2 , no decurso de vários episódios de pulsos magmáticos seguidos de períodos de inactividade (Halter *et al.*, 2005; Soloviev *et al.*, 2017); ii) sobreposição de eventos mineralizantes de Au/Ag e W-Sn, como resultado da intersecção das faixas metalíferas de Góis-Segura (W-Sn) e de Vieiro-Fonte Limpa (Au/Ag), presentes na região de Góis - Castanheira de Pêra (Manuel, 2015; Martins, 2017) resultantes de fontes distintas. A segunda hipótese aparenta ser mais plausível, de acordo com as texturas e paragéneses minerais associadas ao electrum.

VIII. Conclusão

As mineralizações de W-Sn-(Au) do jazigo de Vale Pião encontram-se hospedadas e distribuídas de forma heterogénea nos veios e metassedimentos, os quais correspondem a alternâncias de xistos (compostos por intercalações de níveis pelíticos e psamíticos) e grauvaques, inseridos no CXG. As mineralizações desenvolvem-se sob a forma de cassiterite, volframite/scheelite e electrum. A volframite apenas foi identificada nos metassedimentos com alteração filítica; a scheelite e a cassiterite foram reconhecidas tanto em veios como em metassedimentos, salientando-se que a scheelite prevalece em relação à volframite; o electrum, embora raro, foi identificado no xisto negro com sulfidização. As estruturas epigenéticas podem ou não conter mineralização, sendo que, as que contêm mineralização em W-Sn são as mais tardias e mais complexas composicionalmente, revelando a focalização e percolação de fluidos em zonas preferenciais. O estudo detalhado, tanto dos

metassedimentos como dos veios, permitiu distinguir três estádios principais de deposição: i) estágio precoce composto por silicatos (quartzo, moscovite, biotite, clorite, turmalina, feldspato, granadas), tungstatos (volframite e scheelite), óxidos (cassiterite, rútilo, ilmenite), apatite e arsenopirite; ii) estágio sulfuretado (novamente arsenopirite, pirite, pirrotite, esfalerite, calcopirite, marcassite, galena, estanita, covelite); iii) estágio tardio (electrum e carbonatos). Realça-se que, em virtude do carácter polifásico do sistema de Vale Pião, a recorrência de episódios ao longo de cada estágio é comum.

Relativamente aos tipos de alteração hidrotermal identificados, constata-se o seguinte: i) nos níveis pelíticos do xisto predomina a turmalinização e biotitização (alteração potássica) e a cloritização (alteração propilítica), sendo que a mineralização associada a cada tipo de alteração corresponde a scheelite \pm cassiterite e cassiterite \pm scheelite, respectivamente; ii) nos níveis psamíticos prevalece a alteração filítica (silicificação, sericitização e piritização) e a mineralização é representada por volframite + cassiterite \pm scheelite; iii) nos níveis de xisto negro a alteração é marcada por sulfidização intensa e a mineralização associada é de Au/Ag. Note-se ainda que, de acordo com os resultados obtidos, a turmalinização e biotitização foram definidas como tipos de alteração que indicam proximidade à fonte dos fluidos, isto é, uma possível cúpula granítica em profundidade, enquanto a cloritização, silicificação, sericitização e piritização aparentam corresponder a tipos de alteração hidrotermal de carácter distal relativamente à fonte. Concluiu-se, portanto, que as características dos metassedimentos hospedeiros da mineralização afiguram-se como um factor relevante no que diz respeito ao tipo de alteração hidrotermal imposta e mineralização associada.

A integração dos dados obtidos, permite salientar a notória contribuição, através de interações fluido/rocha, de elementos como Ca, Mg, Fe, K, Ti, Al, Sb, por parte dos metassedimentos hospedeiros da mineralização, e de elementos como B, F, Cl, P, Sn, W, Zn, Mn, Na, Mo, Nb, Ta, As, Co, Ni, Ce, entre outros, por parte do fluido mineralizante de origem hidrotermal com componente magmática, que concorreram para a formação das mineralizações de W-Sn do jazigo de Vale Pião e dos diferentes estilos de alteração hidrotermal associados. Salienta-se, também, o importante papel dos voláteis (F, Cl e B) e do P no sistema de Vale Pião, que terão sido os responsáveis pelo transporte e concentração dos metais W e Sn, entre outros processos, promovendo a formação dos depósitos magmático-hidrotermais. Existem, efectivamente, diversas evidências para inferir a existência de uma intrusão granítica subaflorante responsável pelas mineralizações de Vale Pião, tal como sugerido por Torres (1985) e Adónis (1970) de acordo com trabalhos antigos de prospeção geofísica baseados em dados de sísmica e identificação de afloramentos de xistos mosqueados e grauvaques de aspecto quartzítico na região de Góis. A suposta intrusão poderá ter fornecido o fluido hidrotermal e os metais necessários e/ou poderá ter funcionado como um motor térmico favorecendo a circulação de fluidos hidrotermais.

Através do estudo intensivo da diversidade mineralógica, tipos de alteração, química mineral, inclusões fluidas e pelo enquadramento geológico local da região, é admitido um tipo de regime, responsável pelas mineralizações de W-Sn de Vale Pião, caracterizado por sucessivos pulsos de fluido de origem essencialmente magmático-hidrotermal e, conseqüentemente, diversos episódios de abertura e deposição mineral, num ambiente reduzido e ácido, denunciando assim uma complexidade e sobreposição de eventos mineralizantes no decorrer do tempo. Destaca-se, ainda, o facto de existir uma intersecção entre as faixas metalíferas de Góis-Segura (W-Sn) e de Vieiro-Fonte Limpa (Au/Ag), que possivelmente contribuiu para o enriquecimento metalífero do sistema de Vale Pião.

Embora os resultados obtidos neste relatório sejam relevantes do ponto de vista metalogenético, é necessário aprofundar diversas questões de forma sistemática, de modo a confirmar e compreender melhor certos aspectos. Sugere-se, portanto, estender a amostragem às restantes sondagens da mina de Vale Pião, de uma forma mais representativa e extensa, incidindo fundamentalmente nos intervalos de brechas, filões de quartzo, aplitos, xistos negros e níveis pelíticos e psamíticos que manifestem fenómenos de alteração hidrotermal; realizar um trabalho de campo, com

maior ênfase para o estudo estrutural da área, de modo a aprofundar o papel da deformação varisca no controlo das diferentes estruturas reconhecidas até à data; conferir, com maior número de amostras, a associação entre o tipo de alteração hidrotermal nos xistos negros e a mineralização de Au/Ag; verificar em testemunhos de outras sondagens a relação entre as mineralizações de W-Sn e os diferentes metassedimentos hospedeiros e tipos de alteração hidrotermal associados; mapear halos de alteração hidrotermal com maior detalhe, nomeadamente, turmalinização, biotitização, silicificação, piritização, cloritização, sulfidização; estender a análise de granadas, introduzindo um estudo detalhado de ETR, através de métodos como LA-ICP-MS, de modo a compreender melhor a sua origem e, principalmente, a sua relação com a mineralização de Sn; detalhar o estudo da associação Au-Bi-Te de modo a compreender o transporte e deposição do Au e Ag; realizar uma análise sistemática às fases minerais que acompanham as mineralizações, sobretudo, silicatos e sulfuretos de maneira a criar uma base de dados de maior confiança. Como nota final, aconselha-se a confirmação de associações do tipo conteúdos elevados de W-Sn no rútilos, Fe-F nas turmalinas e As-Co-Ni nas arsenopirites, os quais se associam ao evento de mineralização de W-Sn; fraturas das arsenopirites como principais armadilhas estruturais para a deposição de electrum; conteúdos superiores de Fe nas apatites associadas às fases sulfuretadas; à medida que aumenta a distância à fonte dos fluidos verificar o decréscimo das razões Cd/Mn na esfalerite e Ca/Mn na apatite, incremento da razão Ta/Nb na cassiterite e no rútilo e dos conteúdos de Zn+Mn na ilmenite; uma vez que tais associações poderão constituir vectores ou indicadores de mineralizações de Sn-W e Au, em sistemas análogos, na Zona Centro Ibérica.

IX. Referências Bibliográficas

- Adónis, M. L. (1970). Couto Mineiro de Góis, Estudo geológico da área do Cabeço do Pião, *Companhia do Ferro Nacional*, S.A.R.L., 24 p.
- Amaral, F., Dias, R., Coke, C., Romão, M., & Ribeiro, A. (2014). A fase de deformação sarda na Zona Centro-Ibérica. *Comunicações Geológicas*, LNEG, Porto.
- Ashley, P. M., Creagh, C. J., & Ryan, C. G. (2000). Invisible gold in ore and mineral concentrates from the Hillgrove gold-antimony deposits, NSW, Australia. *Mineralium Deposita*, 35(4), 285-301.
- Audétat, A., Günther, D., & Heinrich, C. A. (2000). Causes for large-scale metal zonation around mineralized plutons: Fluid inclusion LA-ICP-MS evidence from the Mole Granite, Australia. *Economic Geology*, 95(8), 1563-1581.
- Bailey, S.W. (1984). Crystal chemistry of true micas. In: Bailey, S.W. (ed.). Micas. Mineralogical Society of America, *Reviews in Mineralogy*, 13, 347-403.
- Barabanov, V. F. (1971). Geochemistry of tungsten. *International Geology Review*, 13(3), 332-344.
- Barton Jr, P. B., & Skinner, B. J. (1979). Sulfide mineral stabilities: in Barnes, HL, ed., Geochemistry of hydrothermal ore deposits. 2nd ed. *Wiley-Interscience*, New York, 278-403.
- Bayliss, P. (1975). Nomenclature of the trioctahedral chlorites. *Canadian Mineralogist*, 13, p. 178-180.
- Beaufort, D., Rigault, C., Billon, S., Billault, V., Inoue, A., Inoué, S., & Patrier, P. (2015). Chlorite and chloritization processes through mixed-layer mineral series in low-temperature geological systems—a review. *Clay Minerals*, 50(4), 497-523.
- Belousova, E. A., Griffin, W. L., O'Reilly, S. Y., & Fisher, N. I. (2002). Apatite as an indicator mineral for mineral exploration: trace-element compositions and their relationship to host rock type. *Journal of Geochemical Exploration*, 76(1), 45-69.
- Brugger, J., Lahaye, Y., Costa, S., Lambert, D. & Bateman, R. (2000). Inhomogeneous distribution of REE in scheelite and dynamics of Archaean hydrothermal systems (Mt. Charlotte and Drysdale gold deposits, Western Australia). *Contributions to Mineralogy and Petrology* 139, 251.
- Candela, P. A. (1992). Controls on ore metal ratios in granite-related ore systems: an experimental and computational approach. *Earth and Environmental Science Transactions of the Royal Society of Edinburgh*, 83(1-2), 317-326.
- Carocci, E., Marignac, C., Cathelineau, M., Truche, L., Lecomte, A., & Pinto, F. (2019). Rutile from Panasqueira (Central Portugal): An excellent pathfinder for wolframite deposition. *Minerals*, 9(1), 9.
- Carrington da Costa, J. (1950). Notícia sobre uma carta geológica do Buçaco, de Nery Delgado. Direção Geral de Minas e Serviços Geológicos. *Serviços Geológicos de Portugal*, 27 p.
- Černý, P., & Ercit, T. S. (1985). Some recent advances in the mineralogy and geochemistry of Nb and Ta in rareelement granitic pegmatites. *Bulletin de Minéralogie*, 108(3), 499-532.

-
- Chaplygin, I.V., Mozgova, N.N., Mokhov, A.V., Koporulina, E.V., Bernhardt, H.-J., & Bryzgalov, I.A. (2007). Minerals of the system ZnS–CdS from fumaroles of the Kudriavy Volcano, Iturup Island, Kuriles, Russia. *Canadian Mineralogist*, 45, 709-722.
- Chen, C.H. (2000). A few notes on the chemistry of white micas, garnets, and chlorites. *Journal of the Geological Society of China*, v. 43 (4), 587-614.
- Chicharro, E., Boiron, M. C., López-García, J. Á., Barfod, D. N., & Villaseca, C. (2016). Origin, ore forming fluid evolution and timing of the Logrosán Sn–(W) ore deposits (Central Iberian Zone, Spain). *Ore Geology Reviews*, 72, 896-913.
- Ciobanu, C. L., Birch, W. D., Cook, N. J., Pring, A., & Grundler, P. V. (2010). Petrogenetic significance of Au–Bi–Te–S associations: the example of Maldon, Central Victorian gold province, Australia. *Lithos*, 116(1-2), 1-17.
- Ciobanu, C. L., Cook, N. J., & Pring, A. (2005). Bismuth tellurides as gold scavengers. Springer, Berlin, Heidelberg. *Mineral deposit research: meeting the global challenge*, 1383-1386.
- Clark, J. R., & Williams-Jones, A. E. (2004). Rutile as a potential indicator mineral for metamorphosed metallic ore deposits. *Rapport Final de DIVEX, Sous-projet SC2*, Montréal, Canada, 17.
- Codeço, M. S. F. (2015). Estudo comparativo das sequências vulcânicas constituintes dos eixos Ervidel-Roxo e Figueirinha-Albernoa (Faixa Piritosa Ibérica) e respectiva relevância na prospecção de sulfuretos maciços polimetálicos (Dissertação de Mestrado). *Repositório da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa*, p.179.
- Codeço, M. S., Weis, P., Trumbull, R. B., Pinto, F., Lecumberri-Sanchez, P., & Wilke, F. D. (2017). Chemical and boron isotopic composition of hydrothermal tourmaline from the Panasqueira W–Sn–Cu deposit, Portugal. *Chemical Geology*, 468, 1-16.
- Conde, L. N., Pereira, V., Ribeiro, A., & Thadeu, D. (1971). Jazigos hipogénicos de estanho e volfrâmio: Guide- book Excursion 7, *I Congresso Hispano-Luso-Americano de Geol. Econ.*, Sept. 19-25, 1971: Direcção Geral de Minas e Serviços Geol., Lisboa, 81 p.
- Cook, N. J., Ciobanu, C. L., Pring, A., Skinner, W., Shimizu, M., Danyushevsky, L., Saini-Eidukat, B. & Melcher, F. (2009). Trace and minor elements in sphalerite: A LA-ICPMS study. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 73(16), 4761-4791.
- Cook, N. J., Ciobanu, C. L., Spry, P. G., & Voudouris, P. (2009). Understanding gold-(silver)-telluride-(selenide) mineral deposits. *Episodes*, 32(4), 249-263.
- Cotelo Neiva, J. M. (1944). Jazigos portugueses de cassiterite e de volframite. *Comunicações Serviços Geológicos*, 306 p.
- Dallmeyer, R.D., Martinez Catalan, J.R., Arenas, R., Gil Ibarguchi, J.I., Gutierrez-Alonso, G., Farias, P., Bastida, F., & Aller, J. (1997). Diachronous Variscan tectonothermal activity in the NW Iberian Massif: evidence from ⁴⁰Ar/³⁹Ar dating of regional fabrics. *Tectonophysics*, vol. 277, pp. 307-337.
- Deer, W.A., Howie, R.A., & Zussman, J. (1992). Minerais constituintes das rochas – uma introdução. Tradução de C. A. R. Macedo. *Fundação Calouste Gulbenkian*, 727 pp.
-

-
- Dingwell, D. B. (1985). The structure and properties of fluorine-rich silicate melts: implications for granite petrogenesis. *Granite-Related Mineral Deposits: Geology, Petrogenesis and Tectonic Setting*. Halifax, NS: Canadian Institute of Mining, Metallurgy and Petroleum, 72-81.
- Dostal, J., Kontak, D. J., & Chatterjee, A. K. (2009). Trace element geochemistry of scheelite and rutile from metatubidite-hosted quartz vein gold deposits, Meguma Terrane, Nova Scotia, Canada: genetic implications. *Mineralogy and Petrology*, 97(1-2), 95.
- Douglas, N. (2000). The liquid bismuth collector model: an alternative gold deposition mechanism. In *Geological Society of Australia*; 1999. *Geological Society of Australia Abstracts*, 59, 135.
- Drivenes, K., Larsen, R.B., Müller, A., Sørensen, B.E., Wiedenbeck, M., & Raanes, M.P. (2015). Late magmatic immiscibility during batholith formation: assessment of B isotopes and trace elements in tourmaline from the Land's End granite, SW England. *Contrib. Mineral. Petrol.* 169, 1–27.
- Duc-Tin, Q., Audétat, A., & Keppler, H. (2007). Solubility of tin in (Cl, F)-bearing aqueous fluids at 700 C, 140 MPa: a LA-ICP-MS study on synthetic fluid inclusions. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 71(13), 3323-3335.
- Easton, A. J., Hamilton, D., Kempe, D. R. C., & Sheppard, S. M. F. (1977). Low-temperature metasomatic garnets in marine sediments. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series A, Mathematical and Physical Sciences*, 286(1336), 253-271.
- Fernández-Leyva, C. (2007). Metallogenic Study of the Jálama Batholith and Surroundings. Unpublished Ph.D. thesis, *Universidad Politécnica de Madrid*, Madrid, 1–188 (in Spanish).
- Fonseca, B., Fernandes, I., Dias, M., & Marques, M. (2017). Análise de inclusões fluidas em sistemas filonianos mineralizados: dados preliminares em Miguel Vacas e Góis. Trabalho no âmbito da disciplina de Projecto de final de licenciatura em geologia pela FCUL (não publicado), 30 p.
- Foster, M. (1962). Interpretation of the composition and a classification of the chlorites. *U.S.G.S. Professional Paper*, 414-A, 1-33.
- Friedrich, M. (1984). Le complexe granitique hyperalumineux de Saint Sylvestre, NW du Massif Central français: Geol Geochim. *Uranium, Mem., Nancy*, 5.
- Gama Pereira, L.C., Sequeira, A.J., & Gomes, E.M. (2004). A deformação varisca do Maciço Hespérico na região da Serra da Lousã (Portugal Central). *Caderno Lab. Xeológico de Laxe, Coruña*, Vol.29, 203-214.
- Garcia, D. (1987). Behaviour of Fe, Mn and Mg during the differentiation of granites and W-Sn bearing hydrothermal activity in the Vila Real area (Northern Portugal). *Bulletin de minéralogie*, 110(6), 613-622.
- Gaspar, L. (1997). Contribuição para o estudo das mineralizações de volfrâmio (W), estanho (Sn) e lítio (Li) do sector Barca de Alva–Escalhão. Lisboa, Portugal. *FCUL Master Thesis*, 267p.
- Gaspar, L. (2005). The Crown Jewel gold skarn deposit. Doctoral dissertation, Ph. D. thesis. Washington State University. Unpublished. p. 146.
-

-
- Gaspar, M., Knaack, C., Meinert, L. D., & Moretti, R. (2008). REE in skarn systems: A LA-ICP-MS study of garnets from the Crown Jewel gold deposit. *Geochimica et cosmochimica acta*, 72(1), 185-205.
- Goldmann, S., Melcher, F., Gäbler, H. E., Dewaele, S., Clercq, F., & Muchez, P. (2013). Mineralogy and trace element chemistry of ferberite/reinite from tungsten deposits in Central Rwanda. *Minerals*, 3(2), 121-144.
- Gomes, E. M., & Antunes, I. M. (2011). O Granito de Coentral revisitado: Idade U-Pb de zircão. *Livro de Actas do VIII Congresso Ibérico de Geoquímica, XVII Seminário de Geoq., vol.1*, 235-239.
- Gomes, E. M., Pereira, L. C., & Macedo, C. A. (1991). O plutonito do Coentral: idade K-Ar e consequências geotectónicas. *Memórias e Notícias, Publicações do Museu e Laboratório Mineralógico e Geológico da Universidade de Coimbra*, 112, 171-183.
- González Lodeiro, F., Díez Balda, M.A., & Vegas, R. (2004). Las deformaciones prevariscas. In: J.A. Vera, (Ed.). *Geología de España*, (SGE-IGME), Madrid, 83-87.
- Guidotti, C.V. (1984). Micas in metamorphic rocks, in Bailey, S.W., ed., *Micas. Reviews in Mineralogy, Mineralogical Society of America, Washington, D.C.*, v. 13, 357-467.
- Halden, N. M. (1996). Determination of Lyapunov exponents to characterize the oscillatory distribution of trace elements in minerals: *Canadian Mineralogist*, v. 34, 1127-1135.
- Halter, W. E., Heinrich, C. A., & Pettke, T. (2005). Magma evolution and the formation of porphyry Cu-Au ore fluids: evidence from silicate and sulfide melt inclusions. *Mineralium Deposita*, 39(8), 845-863.
- Heinrich, C. (1990). The chemistry of hydrothermal tin (-tungsten) ore deposition. *Economic Geology*, v. 85, 457-481.
- Heinrich, C. A., & Eadington, P. J. (1986). Thermodynamic predictions of the hydrothermal chemistry of arsenic, and their significance for the paragenetic sequence of some cassiterite-arsenopyrite-base metal sulfide deposits. *Economic Geology*, 81(3), 511-529.
- Hemley J.J., & Jones W.R. (1964). Chemical aspects of hydrothermal alteration with emphasis on hydrogen metasomatism. *Economic Geology*, 59, 538-569.
- Henry, D.J., & Dutrow, B.L. (2011). The incorporation of fluorine in tourmaline: internal crystallographic controls or external environmental influences?. *Can. Mineral.* 49, 41-56.
- Henry, D. J., Novák, M., Hawthorne, F. C., Ertl, A., Dutrow, B. L., Uher, P., & Pezzotta, F. (2011). Nomenclature of the tourmaline-supergroup minerals. *American Mineralogist*, 96(5-6), 895-913.
- Inoue, A. (1995). Formation of clay minerals in hydrothermal environments. *Origin and mineralogy of clays*, 268-329. Springer, Berlin, Heidelberg.
- Inverno, C., & Ribeiro, M. L. (1980). Fracturação e cortejo filoneano nas Minas da Argemela (Fundão). *Comun. Serv. Geol. Portg.*, 185-193.
- Jamtveit, B., & Hervig, R. L. (1994). Constraints on transport and kinetics in hydrothermal systems from zoned garnet crystals: *Science*, v. 263, 505-508.
-

-
- Jiamin, W. (1987). Existing forms of tungsten in hydrothermal solutions and forming conditions of scheelite. *Chinese Journal of Geochemistry*, v. 6, n^o1, 87-97.
- Julivert, M., Fontboté, J.M., Ribeiro, A. & Conde, L. (1972). Mapa tectónico da Península Ibérica y Baleares, 1/1.000.000. *Instituto Geológico y Minero de España*. Madrid.
- Kelly, W. C., & Rye, R. O. (1979). Geologic, fluid inclusion, and stable isotope studies of the tungsten deposits of Panasqueira, Portugal. *Economic Geology*, 74(8), 1721-1822.
- Kretschmar, U. & Scott, S. (1976). Phase relations involving arsenopyrite in the system Fe-As-S and their application. *Canadian mineralogist*, 14(3), 364-386.
- Kubo, T., Nakato, T., & Uchida, E. (1992). An experimental study on partitioning of Zn, Fe, Mn and Cd between sphalerite and aqueous chloride solution. *Shigen-Chishitsu*, 42(235), 301-309.
- Lecumberri-Sanchez, P., Vieira, R., Heinrich, C. A., Pinto, F., & Wälle, M. (2017). Fluid-rock interaction is decisive for the formation of tungsten deposits. *Geology*, 45(7), 579-582.
- Llorens, T. (2011). The Sn–W–(Nb–Ta) magmatic–hydrothermal mineralizations of the Navasfrías district (SW Salamanca). Doctoral dissertation, Ph. D. thesis, Salamanca University. *Vítor Collection* 290.
- Llorens, T., & Moro, M. C. (2012). Fe-Mn phosphate associations as indicators of the magmatic-hydrothermal and supergene evolution of the Jálama batholith in the Navasfrías W-Sn District, Salamanca, Spain. *Mineralogical Magazine*, 76(1), 1-24.
- London, D., Morgan, G. B., Babb, H. A., & Loomis, J. L. (1993). Behavior and effects of phosphorus in the system Na₂O– K₂O– Al₂O₃– SiO₂– P₂O₅– H₂O at 200 MPa (H₂O). *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 113(4), 450-465.
- Lotze, F. (1945). Zur Gliederung der Varisziden der Iberischen Meseta. *Geotekt. Forschg.*, 6, 78-92.
- Lourenço, A. (2002). Paleofluidos e mineralizações associadas às fases tardias da Orogenia Hercínica. Tese de Doutoramento. FCUP. Dep. Geologia. *Repositório da FCUP*, p. 326.
- Manning, D. (1981). The effect of fluorine on liquidus phase relationships in the system Qz-Ab-Or with excess water at 1 kb. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 76(2), 206-215.
- Manning, D. & Henderson, P. (1984). The behaviour of tungsten in granitic melt-vapour systems. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, v. 86, 286-293.
- Manuel, R. O. M. (2015). Contribuição da detecção remota para a prospecção de jazigos de Sn, W e Au na região de Góis. *Tese Mestrado em Engenharia Geológica, FCT*, 179 p.
- Marques, F.O., Mateus, A., & Tassinari, C.C. (2002). The Late-Variscan fault network in central-northern Portugal (NW Iberia): a re-evaluation. *Tectonophysics*, vol. 359, pp. 255-270.
- Martins, F. (2017). Indicadores geoquímicos na prospeção de W e Sn: estudo aplicado à mina de Vale Pião, Góis. Tese Mestrado. *Repositório da FCUL*, p.74.
- Mateus, A. (1996). A variabilidade composicional das micas potássicas dioctaédricas como indicador das condições PT de deformação; ensaio de aplicação às fácies graníticas sinorogénicas
-

-
- adjacentes ao segmento Sul do troço transmontano da Falha da Vilariça (NE de Portugal). *Gaia*, 13, 9-41.
- Mateus, A., & Noronha, F. (2010). Sistemas mineralizantes epigenéticos na Zona Centro-Ibérica; Expressão da estruturação orogénica meso- a tardi- Varisca. *Ciências Geológicas-Ensino e Investigação e sua história*. vol. II, p. 47-61.
- Mehdilo, A., Irannajad, M., & Rezai, B. (2015). Chemical and mineralogical composition of ilmenite: Effects on physical and surface properties. *Minerals Engineering*, 70, 64–76.
- Meireles, C., Sequeira, A. J. D., Castro, P., & Ferreira, N. (2013). New data on the lithostratigraphy of Beiras Group (Schist Greywacke Complex) in the region of Góis-Arganil-Pampilhosa da Serra (Central Portugal). *Cadernos Lab. Xeolóxico de Laxe*. vol. 37, 105-124.
- Miles, A. J., Graham, C. M., Hawkesworth, C. J., Gillespie, M. R., Hinton, R. W., & Bromiley, G. D. (2014). Apatite: A new redox proxy for silicic magmas?. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 132, 101-119.
- Mogessie, A., Gallien, F., Bernhard, F., Bauer, C., Castro de Machuca, B., Meissl, E., Bjerg, E., & Delpino, S. (2009). Greenockite and associated sulfide mineralization from the Caledonia Group Mines, Blanca Creek, LA Huerta Range, San Juan Province, Argentina. *The Canadian Mineralogist*, 47(1), 129-141.
- Möller, P. (1993). Why is gold accumulated in pyrite-and arsenopyrite-rich mineralizations? An electrochemical approach. *Proceedings of the second biennial SGA meeting Current research in geology applied to ore deposits, Granada*, 503-506.
- Neiva, A. M. (2002). Portuguese granites associated with W-Sn and Au mineralizations. *Bulletin of the Geological Society of Finland* 74, 1-2, 79-101.
- Neiva, A. M. (2008). Geochemistry of cassiterite and wolframite from tin and tungsten quartz veins in Portugal. *Ore geology reviews*, 33(3-4), 221-238.
- Neiva, A. M., Silva, M. M. V. G., & Gomes, M. E. P. (2007). Crystal chemistry of tourmaline from Variscan granites, associated tin-tungsten-and gold deposits, and associated metamorphic and metasomatic rocks from northern Portugal. *Neues Jahrbuch für Mineralogie-Abhandlungen: Journal of Mineralogy and Geochemistry*, 184(1), 45-76.
- Newberry, R. J. (1983). The formation of subcalcic garnet in scheelite-bearing skarns. *Canadian Mineralogist*, 21(3), 529-544.
- Noronha, F., Dória, A., Dubessy, J. & Charoy, B. (1992). Characterization and timing of the different types of fluids present in the barren and ore-veins of the W-Sn deposit of Panasqueira, Central Portugal, *Mineral Deposita*, 27, 72-79.
- Noronha, F., Ribeiro, M. A., Almeida, A., Dória, A., Guedes, A., Lima, A., Martins, H. C., Sant'Ovaia, H., Nogueira, P., Martins, T., Ramos, R., & Vieira, R. (2013). Jazigos filonianos hidrotermais e aplitopegmatíticos espacialmente associados a granitos (norte de Portugal). *Geologia de Portugal*, v. 1, *Geologia Pré-mesozóica de Portugal* (Dias, R., Araújo, A., Terrinha, P., e Kullberg, J. C., eds.), Escolar Editora, Lisboa, 403-438.
-

-
- Noronha, F., Vindel, E., López García, J. Á., Dória, A., García García, E., Boiron, M. C., & Cathelineau, M. (1999). Fluids related to tungsten ore deposits in Northern Portugal and Spanish Central System: a comparative study. *Revista de la Sociedad Geológica de España*, 12(3-4), 397-403.
- Oen, I.S., Kager, P. & Kieft, C. (1974). Hawleyite and greenockite in ores from Los Blancos, Sierra de Cartagena, Spain. *Neues Jahrb. Mineral., Monatsh.*, 507-513.
- Oliveira, J. (1990). Geological, mineralogical, lithogeochemical studies in the Góis and Vila Pouca de Aguiar-Vila Real region, Portugal. *Estudo, Notas e Trabalhos. D.G.G.M.*, 65-75.
- Oosterom, M.G., Bussink, R.W., & Vriend, S.P. (1984). Lithogeochemical studies of aureoles around the Panasqueira Tin-Tungsten Deposit, Portugal. *Mineralium Deposita*, 19, 283-288.
- Orlando, A., Ruggieri, G., Chiarantini, L., Montegrossi, G., & Rimondi, V. (2017). Experimental Investigation of Biotite-Rich Schist Reacting with B-Bearing Fluids at Upper Crustal Conditions and Correlated Tourmaline Formation. *Minerals*, 7(9), 155.
- Pan, Y., & Fleet, M. E. (2002). Compositions of the apatite-group minerals: substitution mechanisms and controlling factors. *Reviews in Mineralogy and Geochemistry*, 48(1), 13-49.
- Parra, A. (1988). Jazida Estano-Volframítica de Vale Pião. Aspectos geológicos e cálculo preliminar de reservas. *Serviço de Fomento Mineiro e Indústria Extrativa*. Lisboa, 121 p.
- Parra, A. (1990). Resultados da aplicação do método mineralométrico com base em solos superficiais à prospecção de jazidas primárias de cassiterite, volframite e ouro na região de Góis. *Estudos, Notas e Trabalhos, Tomo 32*, 83-92.
- Parra, A., & Bento Filipe, B. (1995). Contributo de curvas de teores, de possança, de conteúdos metálicos e de valores para o estudo geológico-económico da jazida estano-volframítica de Vale Pião. *Estudos, Notas e Trabalhos, IGM, Tomo 37*, 15-23.
- Pereira, E., Ribeiro, A., & Meireles, C. (1993). Cisalhamentos hercínicos e controlo das mineralizações de W-Sn, Au e U na zona centro-ibérica, em Portugal. *Cuaderno Lab. Xeológico de Laxe Coruña*, 18, 89-119.
- Pérez-Estaún, A., & Bea, F. (2004). Macizo Ibérico. *Geología de España*, 19-230.
- Pinto, F., Vieira, R., Ferraz, P., & Noronha, F. (2014). Estudo da distribuição espacial do Sn no Jazigo de W-Sn (Cu) da Panasqueira. *Comun. Geológicas*, 101, 829-832.
- Pollard, P. J., Pichavant, M., & Charoy, B. (1987). Contrasting evolution of fluorine-and boron-rich tin systems. *Mineralium Deposita*, 22(4), 315-321.
- Polya, D. A. (1989). Chemistry of the main-stage ore-forming fluids of the Panasqueira W-Cu (Ag)-Sn deposit, Portugal; implications for models of ore genesis. *Economic Geology*, 84(5), 1134-1152.
- Putnis, A. (2009). Mineral replacement reactions. *Reviews in mineralogy and geochemistry*, 70(1), 87-124.
-

-
- Rapp, J. F., Klemme, S., Butler, I. B., & Harley, S. L. (2010). Extremely high solubility of rutile in chloride and fluoride-bearing metamorphic fluids: An experimental investigation. *Geology*, 38(4), 323-326.
- Ribeiro, A. (1990). Central-Iberian Zone. In *Pre-Mesozoic Geology of Iberia*, Dallmeyer, R. D. e Martinez Garcia, E. (Eds.) Springer-Verlag, 143-171.
- Ribeiro, A., & Pereira, E. (1982). Controles paleogeográficos, petrológicos e estruturais na génese dos jazigos portugueses de estanho e volfrâmio. *Geonovas*, vol. 1, 23-31.
- Robb, L. (2004). Introduction to ore-forming processes. *Blackwell publishing*.
- Romer, R. L., & Kroner, U. (2014). Sediment and weathering control on the distribution of Paleozoic magmatic tin–tungsten mineralization. *Mineralium Deposita*, 50(3), 327-338.
- Romer, R.L., & Kroner, U. (2016). Phanerozoic tin and tungsten mineralization—Tectonic controls on the distribution of enriched protoliths and heat sources for crustal melting. *Gondwana Research*, v. 31, 60–95.
- Ruiz, C., Fernández-Leyva, C., & Locutura, J. (2008). Geochemistry, geochronology and mineralisation potential of the granites in the Central Iberian Zone: the Jálama Batholith. *Chem Erde*, 68, 413–429.
- Ryzhenko, B. N., Kovalenko, N. I., & Prisyagina, N. I. (2006). Titanium complexation in hydrothermal systems. *Geochemistry International*, 44(9), 879-895.
- Schingaro, E., Lacalamita, M., Mesto, E., Ventruti, G., Pedrazzi, G., Ottolini, L., & Scordari, F. (2016). Crystal chemistry and light elements analysis of Ti-rich garnets. *American Mineralogist*, 101(2), 371-384.
- Sequeira, A. J. D., & Sousa, M. B. (1991). O Grupo das Beiras (Complexo Xisto-Grauváquico) da região de Coimbra – Lousã. *Memórias e Notícias, Publ. Mus. Lab. Mineral. Geol. Univ. Coimbra*, 112, 1-13.
- Sequeira, A., Proença Cunha, P., & Sousa, M. B. (1997). A reactivação de falhas, no intenso contexto compressivo desde meados do Tortoniano, na região de Espinhal-Corja-Caramulo (Portugal Central). *Comunicações do IGM, Tomo 83*, 95-126.
- Shore, M., & Fowler, A. D. (1996). Oscillatory zoning in minerals: a common phenomenon. *Canadian Mineralogist*, v. 34, 1111-1126.
- Schmidt, C. (2018). Formation of hydrothermal tin deposits: Raman spectroscopic evidence for an important role of aqueous Sn(IV) species. *Geochim. Cosmochim. Acta* 220, 499–511.
- Schmidt, C., Romer, R. L., Wohlgemuth-Ueberwasser, C. C., & Appelt, O. (2020). Partitioning of Sn and W between granitic melt and aqueous fluid. *Ore Geology Reviews*, 117, 103-263.
- Smith, M. P., Henderson, P., Jeffries, T. E. R., Long, J., & Williams, C. T. (2004). The rare earth elements and uranium in garnets from the Beinn and Dubhaich Aureole, Skye, Scotland, UK: constraints on processes in a dynamic hydrothermal system. *Journal of Petrology*, 45, 457-484.
-

-
- Soloviev, S., Kryazhev, S., & Dvurechenskaya, S. (2017). Geology, mineralization, stable isotope, and fluid inclusion characteristics of the Vostok-2 reduced W-Cu skarn and Au-W-Bi-As stockwork deposit, Sikhote-Alin, Russia. *Ore Geology Reviews*, 86, 338-365.
- Sousa, M. B. (1984). Considerações sobre a estratigrafia do Complexo Xisto-Grauváquico (CXG) e a sua relação com o Paleozóico Inferior. *Quad. Geol. Ibérica*, 9, 9-36.
- Sousa, M. B., & Sequeira, A. J. D. (1987 – 89). Carta Geológica de Portugal à escala 1/50.000, Folha 10-D – Alijó. *Serv. Geol. Portugal*, Lisboa.
- Sousa, M. B., & Sequeira, A. J. D. (1993). O limite Precâmbrico - Câmbrio na Zona Centro Ibérica, em Portugal. *Comun. XII Reunião Geol. Oeste Penins.*, 1, 17-28.
- Speer, J. A. (1984). Micas in igneous rocks. In: Bailey, S.W. (ed.) Micas. *Mineralogical Society of America. Reviews in Mineralogy*, v. 13. 299-356.
- Tarkian, M. & Breskovska, V. (1989). Greenockite from the Madjarovo Pb–Zn ore district, eastern Rhodope, Bulgaria. *Mineral. Petrol.* 40, 137-144.
- Taylor, J. R., & Wall, V. J. (1992). The behavior of tin in granitoid magmas. *Economic Geology*, 87(2), 403-420.
- Thadeu, D. (1965). Carta Mineira de Portugal. Notícia explicativa. *Serv. Geol. Portugal*, 46 p.
- Thadeu, D. (1973). Les gisements stanno wolframitiques du Portugal. *Ann. Soc. Géol. Belg.*, 5-30.
- Tombros, S., St Seymour, K., Spry, P. G., & Williams-Jones, A. (2005). Greenockite and zincian greenockite in epithermal polymetallic Ag–Au–Te mineralization, Tinos Island, Hellas: description and conditions of formation. *Neues Jahrbuch für Mineralogie-Abhandlungen: Journal of Mineralogy and Geochemistry*, 182(1), 1-9.
- Toplis, M. J., & Dingwell, D. B. (1996). The variable influence of P₂O₅ on the viscosity of melts of differing alkali/aluminium ratio: Implications for the structural role of phosphorus in silicate melts. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 60(21), 4107-4121.
- Torres, M. (1985). Relatório preliminar da prospeção sísmica executada no couto mineiro de Góis em colaboração com o Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC). Projecto 2.4.1 – Valorização da região de Góis. *Relatório dos trabalhos desenvolvidos (1-1-84/ 30-06-86)*, 21 p.
- Ugidos, J. M. (1990). Granites as a paradigm of genetic processes of granitic rocks: I-types vs S-types. In: R. Dallmeyer e E. Martinez Garcia (Eds.), *Pre-Mesozoic Geology of Iberia*, 189-206.
- Vairinho, M. M. (1984^a). Relatório do estudo minerográfico de 3 amostras da mina de Vale Pião (Projecto de Góis), 4 p.
- Vairinho, M. M. (1984^b). Relatório do estudo petrográfico de 6 amostras de rochas da carta 243 (Projecto de Góis), 4 p.
- Vairinho, M. M. (1986). Relatório do estudo petrográfico de amostras da sondagem S1 de Vale Pião, Góis. *Relatório dos trabalhos desenvolvidos (1-1-84/ 30-06-86)*, 5 p.
-

-
- Von Goerne, G., Franz, G., & Heinrich, W. (2001). Synthesis of tourmaline in the system Na₂O–MgO–Al₂O₃–SiO₂–B₂O₃–HCl and the distribution of Na between tourmaline and fluid at 300 to 700 °C and 200 MPa. *Contrib. Mineral. Petrol.*, 141, 160–173.
- Von Goerne, G., Franz, G., & van Hinsberg, V.J. (2011). Experimental determination of Na–Ca distribution between tourmaline and fluid in the system CaO–Na₂O–MgO–Al₂O₃–SiO₂–B₂O₃–H₂O. *Can. Mineral.*, 49, 137–152.
- Wallace, C. J., & Maher, K. C. (2019). Phyllic alteration and the implications of fluid composition at the Copper Flat hydrothermal System, New Mexico, USA. *Ore Geology Reviews*, 104, 273–293.
- Whitney, D.L., & Evans, B. W. (2010). Abbreviations for names of rock-forming minerals. *American Mineralogist*, 95, 185–187.
- Wiewóra, A., & Weiss, Z. (1990). Crystallochemical classifications of phyllosilicates based on the unified system of projection of chemical composition. II. The chlorite group. *Clay Mineralogy*, v. 25, 83–92.
- Wilson, G.A., & Eugster, H.P. (1990). Cassiterite solubility and tin speciation in supercritical chloride solutions. *Geochem. Soc. Special Publ. No. 2*, 179–195.
- Wood, S.A. (1992). Experimental determination of the solubility of WO₃(s) and the thermodynamic properties of H₂WO₄(aq) in the range 300–600°C at 1 kbar: Calculation of scheelite solubility. *Geochim. Cosmochim. Acta* 56, 1827–1836.
- Wood, S. A., Richards, J., & Larsen, P. (1998). Calculation of activity-activity and log fO₂–pH diagrams. *Reviews in Economic Geology*, 10, 81–96.
- Wood, S. A., & Samson, I. M. (1998). Solubility of ore minerals and complexation of ore metals in hydrothermal solutions. *Reviews in Economic Geology, Society of Economic Geologists*, 33–80.
- Wood, S., & Samson, I. M. (2000). The hydrothermal geochemistry of tungsten in granitoid environments: I. Relative solubilities of ferberite and scheelite as a function of T, P, pH, and m NaCl. *Economic Geology*, 95, 143–182.
- Wu, D., Pan, J., Xia, F., Huang, G., & Lai, J. (2019). The Mineral Chemistry of Chlorites and Its Relationship with Uranium Mineralization from Huangsha Uranium Mining Area in the Middle Nanling Range, SE China. *Minerals*, 9(3), 199.
- Zhang, S., Ma, D., Lu, J., Zhang, R., & Gao, S. (2014). Chemical and boron isotopic composition of tourmaline in Baotan tin deposit, northern Guangxi, South China. *Acta Geol. Sin.* 88, 485–486.
- Zheng, Z., Deng, X.H., Chen, H.J., Yue, S.W., Dong, L.H., Qu, X., & Chen, Y.J. (2016). Fluid sources and metallogenesis in the Baiganhu W–Sn deposit, East Kunlun, NW China: Insights from chemical and boron isotopic compositions of tourmaline. *Ore Geol. Rev.* 72, 1129–1142.
-

UNIVERSIDADE DE LISBOA
FACULDADE DE CIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA



**As Mineralizações de Sn, W e Au na Mina de Vale Pião (Góis):
mineralogia e geoquímica**

Anexos

Inês Isabel Martins Fernandes

Mestrado em Geologia Económica
Especialização em Prospeção Mineral

Relatório de Estágio orientado por:
Professor Doutor Luís Miguel Guerreiro Galla Gaspar
Daniela Lobarinhas Carvalho

Índice

1.	ANEXO 1- Petrografia	1
1.1	Sondagem S1	1
1.2	Sondagem S8	20
1.3	Sondagem S11	30
1.4	Resumo da Sondagem S1	39
1.5	Resumo da Sondagem S8	40
1.6	Resumo da Sondagem S11	40
1.7	Log Sondagem S1 (EDM)	41
1.8	Log Sondagem S8 (EDM)	42
1.9	Log Sondagem S11 (EDM)	43
2.	ANEXO 2 - Química Mineral	44
2.1.	Condições analíticas	44
2.2.	Limites de detecção	46
2.3.	Tabelas Química Mineral	47
2.3.1.	Scheelite	48
2.3.2.	Volframite	49
2.3.3.	Cassiterite	51
2.3.4.	Rútilos	55
2.3.5.	Ilmenite	61
2.3.6.	Electrum	62
2.3.7.	Arsenopirite	63
2.3.8.	Pirite	70
2.3.9.	Pirrotite	76
2.3.10.	Galena	77
2.3.11.	Esfalerite	78
2.3.12.	Greenockite	80
2.3.13.	Moscovite	81
2.3.14.	Biotite	86
2.3.15.	Clorite	92
2.3.16.	Turmalina	94
2.3.17.	Granada	97
2.3.18.	Apatite	99

2.3.19. Titanite	101
2.3.20. Estanite.....	102
2.4. Estadística Descriptiva	103

1. ANEXO 1- Petrografia

1.1 Sondagem S1

S1.23.38



Descrição Macroscópica:

Xisto cinzento bastante silicificado (quase greisenizado), de grão fino, constituído por filossilicatos (micas brancas e castanhas), quartzo, *boxworks* de pirite, áreas de forte oxidação. Veio de quartzo leitoso, com um ângulo de 45° relativamente ao eixo do testemunho, de bordos rectilíneos, com cerca de 2mm de espessura, composto por mica branca, turmalina, *boxworks* de pirite, rara scheelite e apatite(?). Observam-se dois filonetes milimétricos (<1mm) de quartzo sub-horizontais que aparentam ser anteriores ao veio de quartzo de 45°. Esta amostra apresenta-se com carácter friável.

Descrição Microscópica:

Mineralogia: quartzo, filossilicatos, hematite, carbonatos, calcopirite, óxidos de ferro, cassiterite, pirite, rútilo, zircão

Tipos de Alteração: silicificação, oxidação, sericitização, meteorização

Observações: encaixante muito silicificado e sericitizado, de grão fino. É constituído por quartzo, carbonatos, filossilicatos (principalmente biotite), óxidos de ferro abundantes. O encaixante é intersectado por um veio composto essencialmente por quartzo deformado e alguma moscovite. A moscovite ocorre preferencialmente em secções basais com uma direcção de clivagem bem visível. Grãos muito pequenos e raros de calcopirite e pirite disseminados no encaixante. Raros grãos de rútilo e zircão. Raros grãos anédricos, de relevo elevado que poderão ser cassiterite ou esfena, de pequenas dimensões disseminados no encaixante.

S1.23.90

**Descrição Macroscópica:**

Amostra bastante oxidada e meteorizada, com intercalações de grauvaque e filonetes milimétricos de quartzo. É constituída por quartzo leitoso, rara volframite, raros sulfuretos disseminados (essencialmente pirite) e turmalina.

Descrição Microscópica:

Mineralogia: hematite, óxidos e hidróxidos de ferro, quartzo, filossilicatos, pirrotite, pirite, volframite, cassiterite?

Tipos de Alteração: oxidação intensa, silicificação

Observações Lâmina 1: rocha silicificada, com filossilicatos associados à alteração. É constituída essencialmente por quartzo, filossilicatos e hematite. Pirite rara em grãos disseminados muito pequenos. Pirrotite bastante anisótropa. Observam-se diversos minerais cinzentos menos reflectantes que a esfalerite que poderão corresponder a hematite ou goethite. Rara volframite de dimensões grandes, forte anisotropia entre castanho-escuro e cinzento, com 1 direção de clivagem, reflexões internas vermelhas, com inclusões de pirite e óxidos de ferro, provavelmente hematite. A volframite apresenta zonamentos nos bordos dos grãos. Ocorrem uns grãos anédricos disseminados, muito pequenos, que aparentam ser cassiterite.

Observações Lâmina 2: os filossilicatos são acastanhados devido à forte presença de ferro. O quartzo ocorre bastante poroso. Diversos grãos de volframite relativamente grandes (~1mm) bastante alterados, hematite abundante. Toda a lâmina apresenta forte oxidação. Pirite em grãos de pequenas dimensões. Grãos de hematite que provavelmente substituíram grãos de pirite, onde se verificam texturas esqueléticas.

S1.25.00**Descrição Macroscópica:**

Encaixante greisenizado constituído essencialmente por filossilicatos (predominantemente biotite), quartzo leitoso endurecido, grãos muito pequenos de turmalina com hábito tabular e epidoto?. Observam-se alguns sulfuretos disseminados, tais como pirite e arsenopirite, de dimensões reduzidas e sob a forma de grãos anédricos. São visíveis diversas zonas da amostra bastante oxidadas.

Descrição Microscópica:

Mineralogia: quartzo, filossilicatos, pirrotite, pirite, esfalerite, cassiterite, rútilo

Tipos de Alteração: greisenização, silicificação, sulfidização

Observações: a amostra é constituída maioritariamente por uma matriz bastante silicificada, de quartzo e filossilicatos. O quartzo tem pelo menos duas gerações distinguíveis pelo tamanho dos grãos de cada geração. O quartzo encontra-se deformado e bastante poroso. O sulfureto dominante em toda a lâmina é a pirrotite que se encontra disseminada, bastante porosa e fraturada. Existem também raros grãos de pirite, esfalerite, rútilo. Grãos de pirrotite com inclusões de calcopirite. Disseminado no encaixante ocorre, abundantemente, cassiterite em grãos de pequenas dimensões, anédricos, de relevo elevado e acastanhados.

S1.36.80

**Descrição Macroscópica:**

Xisto negro de matriz muito fina, intersectado por um veio irregular com 2-3 cm de espessura, bordos sub-rectilíneos, preenchido por quartzo leitoso, pirite/calcopirite, scheelite e áreas bastante oxidadas. Junto aos bordos do veio é visível turmalinização. Filonete milimétrico constituído por quartzo e pirite, também com zonas mais escuras nos bordos rectilíneos do filonete. Não é possível estabelecer uma relação cronológica entre o veio de maior dimensão e o filonetes uma vez que estes não se intersectam. No encaixante observa-se uma predominância de quartzo, micas, feldspato, sulfuretos disseminados e pirite a ser substituída por marcassite. A scheelite do veio é intersectada por filonetes (<0,5mm) preenchidos por sulfuretos (não distinguíveis).

Descrição Microscópica:

Mineralogia: marcassite, esfalerite, pirite, pirrotite, filossilicatos, rútilo, quartzo, arsenopirite, clorite, feldspato potássico, zircão, monazite, apatite, estanita, covelite, tetraedrite?

Tipos de alteração: substituição da pirite por marcassite, sulfidização

Observações Lâmina 1: xisto negro de carácter gresoso, composto essencialmente por uma matriz sericítica, algum quartzo, rara clorite e pirite como sendo o sulfureto principal. A pirite ocorre frequentemente e em cristais de grandes dimensões, relativamente fraturados, anédricos e a serem substituídos por marcassite. Observam-se duas gerações de pirite, uma porosa e outra recristalizada. Rara arsenopirite e calcopirite. Esfalerite e rútilo disseminado. Observam-se duas gerações de moscovite, sendo uma de grãos bastante pequenos e outra com grãos de maiores dimensões e seções basais com 1 direção de clivagem visível.

Observações Lâmina 2: o encaixante é constituído por quartzo, filossilicatos, rara clorite, raro feldspato e pirite. Os filossilicatos são principalmente biotites/flogopites. No encaixante ocorrem fraturas preenchidas essencialmente por pirite com texturas de exsolução e quartzo. Grãos de pirite bastante fraturados a serem substituídos por marcassite. Os grãos de pirite que estão disseminados no encaixante, por vezes ocorrem associados à esfalerite e ao rútilo. O rútilo apresenta um hábito tetragonal e ocorre com frequência disseminado no xisto. Pirite com inclusões de estanita (mineral esverdeado/acinzentado que parece pirrotite) e inclusões de um mineral cinzento que poderá ser tetraedrite (isótropo). Os minerais cinzentos com reflexões brancas são rútilos. Rara arsenopirite. Ocorrem diversos grãos de zircão zonado (de origem sedimentar) com formas ovais e monazites. Observam-se diversos grãos de pequenas dimensões, disseminados no encaixante que correspondem a flúor-apatites. Por vezes ocorrem monazites inclusas em rútilos.

S1.37.70

**Descrição Macroscópica:**

Xisto negro grafitoso, sericitizado, com sulfuretos disseminados (1mm-1cm) essencialmente pirite e pirrotite a substituir a pirite, *boxworks* de diversas dimensões (<1mm-0,5mm), filossilicatos e turmalina. Diversos filonetes (<1mm) preenchidos por sulfuretos (pirite/pirrotite) formando uma espécie de *stockwork*. A grande maioria desses filonetes encontra-se com cor alaranjada devido à oxidação dos sulfuretos. Pequenos *clusters* de arsenopirite disseminados no xisto. A xistosidade aparenta estar relativamente dobrada evidenciando alguma deformação.

Descrição Microscópica:

Mineralogia: calcopirite, arsenopirite, sericite, moscovite, clorite, turmalina, rútilo, pirite, esfalerite, electrum, hematite, óxidos/hidróxidos de ferro, zircão, apatite, monazite, covelite, bornite?

Tipos de alteração: piritização, sericitização, sulfidização, oxidação

Observações Lâmina 1: xisto negro composto por uma matriz muito fina sericítica, em que os grãos se encontram relativamente orientados. Grãos de turmalina de seção prismática, com birrefringência de 3ª ordem, e por vezes ocorrem grãos zonados do núcleo para os bordos. Raros grãos de electrum inclusos na arsenopirite e na pirite. Grãos de pirite de grandes dimensões, com inclusões de arsenopirite euédrica, calcopirite oxidada com covelite (azul) nos bordos. A calcopirite aparenta ter textura em zebra que poderá ser representada por bornite e ocorrem raras inclusões de arsenopirite. Grãos euédricos de arsenopirite tabulares e de seções romboédricas, alguns com raras inclusões de pirrotite. Verificam-se duas gerações de pirite, a primeira encontra-se bastante porosa, enquanto a segunda geração (resultado da recristalização da primeira) ocorre “limpa” em grãos euédricos. Observa-se substituição da pirite por marcassite. Observa-se piritização intensa. Rútilo disseminado em “laivos” por toda a lâmina marcando o S1. Observa-se, ainda que raramente, a substituição da pirite por um mineral de cor rosada. A pirite ocorre a ser substituída raramente por um mineral rosado. Apatite disseminada no encaixante e associada à pirite.

Observações Lâmina 2: a amostra corresponde a um xisto negro, onde são visíveis raros grãos de turmalina, sericite muito fina, sulfuretos associados à clivagem de crenulação. A pirite ocorre em grãos porfiroblásticos, que cortam a clivagem de crenulação. Os sulfuretos primários são essencialmente pirite bastante oxidada, calcopirite e esfalerite. Rútilo a delimitar a xistosidade. As arsenopirites crescem sobrepressão (mais alongadas de um lado do que do outro). Ocorrem alguns grãos de electrum junto às arsenopirites. Arsenopirite a ser corroída nos bordos. É possível distinguir dois episódios temporais.

S1.65.20**Descrição Macroscópica:**

Xisto negro silicificado com sulfuretos disseminados, essencialmente pirite oxidada com 2-3mm de dimensão. Presença de dois veios com mineralogia semelhante, quartzo leitoso acinzentado (1cm de espessura cada) e sulfuretos disseminados (pirite oxidada/pirrotite?), exceptuando a scheelite que só se verifica num dos veios, que se unem formando um só veio. Veio de quartzo com cerca de 3 mm de espessura preenchido por quartzo leitoso e *boxworks* de pirite (<1mm). Não é possível estabelecer relação cronológica entre os dois veios de maiores dimensões e o veio mais pequeno pois estes não se intersectam.

Descrição Microscópica:

Mineralogia: apatite, filossilicatos, scheelite, clinozoisite, clorite, epídoto?, quartzo, carbonatos, feldspato, rútilo, calcopirite, pirrotite, pirite, arsenopirite, esfalerite

Tipos de alteração: silicificação, carbonatização, moscovitização

Observações: Xisto negro grauvacóide constituído por uma matriz onde os minerais se encontram relativamente orientados e ocorrem diversos clastos de quartzo. Os minerais principais são duas gerações de quartzo, clorite, carbonatos, sulfuretos disseminados e muito fraturados (essencialmente pirrotite, alguma calcopirite, rara pirite e arsenopirite, esfalerite) epídoto/clinozoisite, feldspato raro, filossilicatos. Porfiroblastos de pirrotite de grandes dimensões, ocorrem bastante fraturados e disseminados no xisto, relativamente decompostos, têm inclusões de pirite e calcopirite. Carbonatos (acastanhados, siderite?) em fraturas tardias nas pirrotites a substituir um mineral prismático já indistinguível (provavelmente turmalinas). No xisto ocorrem também uns minerais cinzento claro, com reflexões internas brancas, em forma de “fitas” alongadas que podem ser rútilos, ilmenites ou esfenas. Ocorre um mineral transparente de cor castanha com tintas altas (pode ser moscovite ferrífera ou biotite descorada). No veio de quartzo observam-se duas gerações de quartzo, rara esfalerite, rara scheelite com algumas inclusões fluidas, clorite, apatite e filossilicatos (contemporâneos). O contacto veio-encaixante é marcado por clorite e carbonatos. Microgeóide constituído por quartzo, clorite, esfalerite, pirrotite com inclusões de pirite, carbonatos, filossilicatos.

Inclusões Fluidas (IF):

Na scheelite do veio de quartzo: inclusões fluidas de diversos tamanhos e morfologias (circulares a elípticas), as de maiores dimensões aparentam ser trifásicas, as mais pequenas no geral são bifásicas. São essencialmente pseudosecundárias e raras secundárias, FLW 10-20%, aquosas. No quartzo do veio: inclusões fluidas de pequenas dimensões, no geral esféricas, trifásicas, bifásicas, FLW 30-10%, secundárias.

S1.74.60

**Descrição Macroscópica:**

Xisto com intercalação de níveis pelítico (pretos e de menores dimensões) e psamíticos (cinzentos e de maiores dimensões), constituído por duas micas (moscovite e biotite), *boxworks* milimétricos, bastantes sulfuretos disseminados (0,1mm-0,5mm) secundários, essencialmente pirrotite depois de pirite. Verifica-se um veio milimétrico de quartzo que evidencia um rejeito. A xistosidade parece evidenciar duas fases de deformação dadas pelas dobras de 2ª ordem (crenulação). Verifica-se que a deposição dos sulfuretos é posterior ao dobramento uma vez que os sulfuretos não são afectados por este.

Descrição Microscópica:

Mineralogia: filossilicatos, carbonatos (dolomite?), quartzo, turmalina, esfalerite, pirite, pirrotite, calcopirite, rútilo/ilmenite, arsenopirite, covelite, estauroлите/ esfena, grafite, hidróxidos de ferro, estanita, zircão, apatite

Tipos de alteração: sulfidização intensa, oxidação, marcassitização da pirite

Observações: observa-se claramente a deformação evidenciada pelos diferentes níveis psamíticos e pelíticos do xisto. Os níveis pelíticos encontram-se mais dobrados, com rútilo a delimitar os planos de xistosidade. Observa-se clivagem de crenulação e pequenos rejeitos entre os diferentes níveis originando micro grabens e horsts. Duas gerações de esfalerite/hematite: a 1ª disseminada e meteorizada nos níveis pelíticos, contemporânea da deformação, associada aos filossilicatos; a 2ª ocorre associada aos grãos de maiores dimensões de pirite. Pirite/pirrotite abundantes disseminadas e posteriores à deformação. Rara arsenopirite e calcopirite associadas à pirite e pirrotite. Porfiroblastos de pirite de grandes dimensões meteorizados a serem substituídos por marcassite (tom mais azulado) filossilicatos, carbonatos (provavelmente dolomite pela forma oval dos grãos e a terminar em bico) e quartzo. Pirrotite com inclusões de calcopirite. Duas gerações de pirite, uma porosa e outra recrystalizada. Covelite associada aos bordos da calcopirite. Porfiroblastos de, possivelmente, pirite que agora estão a ser substituídos por pirrotite. Alguns porfiroblastos de pirite poderão ter inclusões de estanita (mais esverdeada). Verifica-se que a deposição dos sulfuretos é posterior ao dobramento uma vez que os sulfuretos não são afectados por este. O mineral castanho claro disseminado por toda a lâmina deverá ser um filossilicato. O mineral castanho mais escuro com relevo elevado, que ocorre à volta dos sulfuretos, por abertura de espaços, poderá ser estauroлите?, parece ser controlado por uma fraturação, que é afectado posteriormente por uma forte oxidação e é posterior aos sulfuretos. Mineral cinzento acastanhado em fitas, ao longo da clivagem de crenulação, com anisotropia forte entre preto e castanho claro, poderá ser grafite. A pirrotite e a arsenopirite deverão ser contemporâneas à recrystalização das micas (as de maiores dimensões). A pirite deverá ser anterior à pirrotite e à

ANEXO 1

arsenopirite pois nas zonas onde há produtos de alteração à volta das pirites, observa-se a deposição das arsenopirites e pirrotites, ou seja, são posteriores porque estão associadas ao evento de alteração das pirites. A marcassitização das pirites deverá ser contemporânea das pirrotites, arsenopirites e calcopirites. A oxidação dos sulfuretos é posterior a todos os eventos. Minerais pequenos cinzentos redondos poderão ser zircões. Em luz transmitida, observam-se uns grãos redondos, di-trigonais com aspecto hexagonal, com relevo elevado e acastanhados, alguns zonados, que poderão ser apatites ou turmalinas.

S1.76.55



Descrição Macroscópica:

Intercalação de xisto negro silicificado e alteração hidrotermal conferindo um aspecto de xisto mosqueado, bastante turmalinizado. Filonetes milimétricos ($< 0,1\text{mm}$) precoces com bordos rectilíneos, constituídos por quartzo e raros sulfuretos disseminados, intersectados por filonetes de siderite? (alaranjados) posteriores que evidenciam rejeitos milimétricos, que correspondem a pequenas fendas de tração que coalescem umas nas outras formando um filonete contínuo. Veio de quartzo anterior a todos os outros, relativamente maior que os anteriores ($\sim 0,1\text{mm}$), dobrado, sem bordos rectilíneos, com raros sulfuretos disseminados. Raros *boxworks*, 1 grão ($0,5\text{mm}$) de pirite bastante oxidado no centro e nos bordos do grão, com turmalina. Duas bandas, cinzentas mais claras, de alteração hidrotermal que intersectam obliquamente o S0 e S1 que estão transpostos. Estas bandas evidenciam um certo movimento dado pela ligeira rotação da pirite que está presente numa das bandas.

Descrição Microscópica:

Mineralogia: quartzo, turmalina, carbonatos, galena, pirite, pirrotite, arsenopirite, marcassite, rútilo, filossilicatos, esfalerite

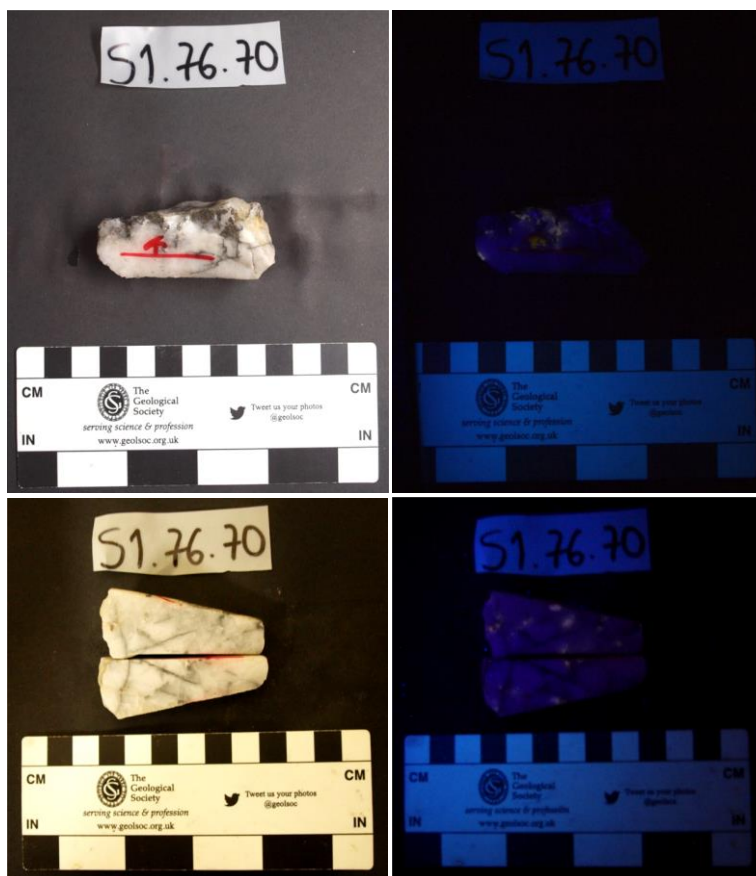
Tipos de alteração: substituição da pirite por pirrotite e marcassite, turmalinização, silicificação, sulfidização, carbonatização

Observações: Xisto negro, intensamente turmalinizado (quase turmalinito), com diversos filonetes a intersectarem o encaixante. A grande maioria dos filonetes é constituída apenas por quartzo e raros filossilicatos. Observam-se dois filonetes preenchidos apenas por carbonatos (calcite) que aparentam ser posteriores aos restantes uma vez que os intersectam. Filão, de maiores dimensões, preenchido por quartzo, rara pirite, pirrotite abundante, filossilicatos e raros carbonatos. Ocorre outro veio preenchido essencialmente por galena, com imensos triângulos de arrancamento. A galena é contemporânea aos carbonatos e posterior à arsenopirite e pirite. Associado às zonas de quartzo, ocorre pirrotite a ser substituída por pirite que está a ser substituída por marcassite. Grãos de arsenopirite com inclusões de pirrotite e vice-versa, o que indica que a pirrotite e a arsenopirite são contemporâneas. Duas gerações de pirite, uma a ser substituída por marcassite e outra extremamente fraturada e fragmentada. As

ANEXO 1

turmalinas do encaixante encontram-se relativamente orientadas, e observam-se seções tabulares e basais de grãos de turmalina. No encaixante ocorre rútilo anédrico, pirrotite frequente e mais raramente arsenopirite, todos disseminados. Pirite anterior à pirrotite e portanto anterior à arsenopirite. Porfiroblastos de pirite com bordos alterados. Zonas de alteração com as micas castanhas e deposição de arsenopirite e pirrotite. Os rútilos ocorrem disseminados na zona mais escura do encaixante (com mais matéria orgânica), isto é, níveis mais pelíticos e as turmalinas também. É possível estabelecer uma sequência paragenética: pirite-pirrotite/arsenopirite-marcassite/galena.

S1.76.70



Descrição Macroscópica:

Filão de quartzo leitoso e cinzento, com turmalina sob a forma de agulhas bem visíveis, sulfuretos disseminados (pirite), mica branca, e raros *boxworks*. Presença de um mineral com fluorescência laranja que talvez se trate de um fosfato (apatite?).

Descrição Microscópica:

Mineralogia: quartzo, apatite, pirite, esfalerite?

Tipos de alteração: silicificação

Observações: a lâmina corresponde a um filão de quartzo. Os grãos de quartzo são de grandes dimensões, bastante pleocróicos, com deformação evidente. O contacto entre os diferentes grãos de quartzo é regular. A apatite encontra-se disseminada por toda a lâmina, fraturada, anédrica. Fracturas nos grãos de apatite preenchidas por pirite. Microfraturas no veio preenchidas por pirite, claramente posteriores ao quartzo. A apatite é anterior à deposição dos sulfuretos (pirite e esfalerite).

S1.76.75



Descrição Macroscópica:

Encaixante turmalinizado com intercalação de xisto negro e grauvaque, constituído por sulfuretos disseminados no encaixante e a preencher fraturas milimétricas, essencialmente pirrotite depois de pirite e diversos *clusters* de arsenopirite. Diversos veios turmalinizados, filonetes milimétricos de quartzo, com bordos não rectilíneos, intersectados por filonetes oxidados posteriores que se encontram no nível xistento. Filonete bastante oxidado, com carbonatos (siderite, romboédrica), que resulta da coalescência de diversas fendas de tração sucessivas. Contacto com filão de quartzo leitoso, sulfuretos disseminados (pirite e arsenopirite), salbanda micácea não muito evidente, e bastante turmalina a delimitar o contacto filão-encaixante. Verifica-se também, no veio, um mineral com fluorescência laranja que deverá corresponder a um fosfato (apatite).

Descrição Microscópica:

Mineralogia: pirite, calcopirite, arsenopirite, esfalerite, hematite, pirrotite, quartzo, filossilicatos, turmalina, grafite, flúor-apatite, carbonato (anquerite?), óxidos de ferro, monazite, rútilo, scheelite

Tipos de alteração: turmalinização acompanhando a arsenopiritização, marcassitização da pirite

Observações Lâmina 1: frente de turmalinização, intersectada por diversos filonetes, compostos apenas por quartzo, de diferentes gerações que se entrecruzam. O contacto do encaixante com um veio de quartzo e apatite, de grandes dimensões, é marcado por salbanda. No veio de quartzo observam-se cristais de apatite de grandes dimensões fraturados e turmalina formando quase uma salbanda de apatite e turmalina. Diversos grãos de pirite, de pequenas dimensões, inclusos na apatite. Diversos *clusters* de arsenopirite abundante, disseminada no encaixante, quase sempre associados às zonas de quartzo e por vezes associados a rútilos (cinzentos com reflexões internas brancas amareladas). Raros grãos de pirrotite de dimensões muito pequenas. Pequenos filonetes preenchidos por pirite, a qual já foi quase toda substituída por hematite?. No veio observa-se uma substituição (digestão) clara possivelmente da apatite e quartzo por carbonatos. Observam-se turmalinas zonadas (visíveis 3 gerações), no núcleo são mais esverdeadas e nos bordos mais acastanhadas, nos grãos de maiores dimensões, e algumas contém inclusões de rútilos. O rútilo aparenta ser, maioritariamente, posterior à turmalina, porem às vezes parece ser anterior ou contemporâneo ao crescimento das mesmas. Poderá

ANEXO 1

acontecer o caso do rútilo já existir no encaixante e depois da frente de turmalinização, os rútilos recrystalizarem e parecerem posteriores. Verificou-se que os rútilos são bastante zonados e aparentam estar recrystalizados. A arsenopirite é zonada evidenciando no mínimo 3 gerações (só visíveis na microsonda). Verificam-se exsoluções de óxidos de ferro no carbonato. Identificaram-se diversas monazites de tório e urânio e, em alguns grãos, duas gerações de arsenopirite distintas. A primeira geração de arsenopirite (mais rica em S) deverá ser contemporânea da pirite, enquanto a segunda geração deverá ser contemporânea da pirrotite.

Observações Lâmina 2: a matriz do encaixante é essencialmente representada por duas gerações de quartzo, uma com grãos recrystalizados e outra com grãos de maiores dimensões e extinção ondulante. Ocorrem também alguns filossilicatos, turmalina e sulfuretos disseminados (pirite, pirrotite, arsenopirite, calcopirite e esfalerite). A arsenopirite ocorre abundantemente em *clusters*, bastante fraturada. No encaixante ocorre uma frente de turmalinização, onde se verificam alguns veios milimétricos de quartzo que se entrecruzam e arsenopirite posterior. A arsenopirite marca, de um dos lados da frente de turmalinização, o contacto com o encaixante. No veio mais tardio (muito estreito) observam-se uns grãos que aparentam ser rútilos ou cassiterites. Observam-se pirites com marcassitização e inclusões de arsenopirites euédrica. O rútilo aparenta ser posterior à arsenopirite e turmalina e segue um alinhamento que parece ser paralelo ao S1. Dentro do mesmo episódio temporal, o rútilo tanto é anterior, como posterior, como contemporâneo às turmalinas.

Observações Lâmina 3: intercalação entre níveis completamente turmalinizados, acompanhados de grafite abundante, e entre níveis pelíticos. Veios de quartzo a intersectar os níveis mais pelíticos. A frente de turmalinização é anterior aos veios de quartzo, uma vez que os veios não são afectados pela turmalinização. Observam-se pequenas “fendas”, na frente de turmalinização, que estão preenchidas por carbonatos que, por sua vez, ocorrem a substituir um mineral prismático, neste caso, as turmalinas. Nos veios mais tardios ocorre abertura de espaço e recrystalização tanto do quartzo como das turmalinas. Os veios são compostos essencialmente por quartzo subgranulado e raros grãos de pirite, arsenopirite, calcopirite, pirrotite e esfalerite (todos os sulfuretos ocorrem associados). Arsenopirite com inclusões de pirrotite. Arsenopirite por vezes intercrescida com calcopirite. Pirite substituída por marcassite. Rara scheelite disseminada no encaixante, anterior à arsenopirite e pirite. Mineral cinzento (luz refletida), que aparenta ser rútilo ou cassiterite, com reflexões esbranquiçadas/escuras, anisotropia azulada, sempre nas frentes de turmalinização, deverá ser sin-pós deposição das turmalinas. O rútilo ocorre associado às turmalinas nos veios mais tardios. Um veio preenchido por hematite, óxidos e hidróxidos de ferro, intersectado e rejeitado por um veio de rútilo.

Inclusões fluidas na Lâmina 3: inclusões fluidas abundantes na 3ª geração de quartzo (grãos de maiores dimensões), com formas alongadas, bifásicas (L+V) e raras trifásicas (L+V+S), aquosas. FLW diferentes: trifásicas 20-30%, bifásicas 30-40% e 50%. Pseudo-secundárias e secundárias.

S1.76.95

**Descrição Macroscópica:**

Intercalação de grauvaque cinzento e xisto negro, turmalinizado, com sulfuretos disseminados, essencialmente pirite e arsenopirite (mm). Veios milimétricos de quartzo e sulfuretos, deformados e anteriores ao veio de quartzo leitoso rectilíneo de maiores dimensões, não deformado, constituído predominantemente por filossilicatos, áreas mais oxidadas e um mineral com fluorescência laranja que deverá corresponder a um fosfato.

Descrição Microscópica:

Mineralogia: arsenopirite, turmalina, pirrotite, quartzo, esfena ou cassiterite?, esfalerite, calcopirite, pirite, rútilo, hematite, electrum, galena, monazite, xenótipo, scheelite, fosfato de ítrio, sulfo-arseneto de prata

Tipos de alteração: turmalinização intensa no encaixante, oxidação (mais evidente na L2)

Observações Lâmina 1: turmalinito metassomático constituído predominantemente por turmalina. Observam-se secções prismáticas e secções basais de turmalina não orientadas. Os sulfuretos correspondem essencialmente a grãos de arsenopirite euédricos, um pouco fracturados, disseminados no encaixante e nos veios de quartzo, com raras inclusões de um mineral cinzento (não metálico) e pirrotite. Raros grãos de pirrotite de dimensões bastante inferiores aos grãos de arsenopirite. Um grão pequeno de pirrotite com inclusões de pirite. Raros grãos de calcopirite. Diversos grãos com relevo elevado, anédricos, semi-opacos, disseminados por todo o encaixante turmalinizado, que poderão corresponder a cassiterites ou esfenas (uns têm reflexões internas amareladas e outros castanhas). Caso sejam cassiterites, estão presentes duas gerações, uma com grãos bastante porosos e outra com grãos “limpos”, mas uns podem corresponder a cassiterites e outros a esfena. Ocorrem veios preenchidos por quartzo, a intersectar o encaixante. Nos veios de quartzo observam-se 3 gerações distintas (uma com grãos de grandes dimensões com contactos indentados entre grãos, outra com grãos de dimensões médias, extinção ondulante e grãos estirados e outra com grãos muito pequenos subgranulados e recrystalizados). No veio de maiores dimensões só se observa quartzo de 1ª geração, turmalinas provenientes do encaixante e raros minerais alongados anédricos que estão substituídos por óxidos de ferro. Nos veios mais pequenos, ocorre quartzo de 2ª e 3ª geração e sulfuretos, nomeadamente arsenopirite subédrica. Estes veios mais pequenos, com arsenopirite, são intersectados pelo veio de maiores dimensões, sugerindo que são então anteriores ao veio grande. Na zona de confluência dos dois veios ocorre quartzo estirado (solução sobrepressão). Os rútilos, a arsenopirite e a turmalinização aparentam ser contemporâneos dos veios anteriores de arsenopirite (primeiro evento), e no segundo

ANEXO 1

evento parece ocorrer uma recristalização do quartzo e surgimento do veio de quartzo maior. Nas fraturas do encaixante preenchidas por quartzo, também ocorrem por vezes grãos de pequenas dimensões de pirrotite. Os veios de arsenopirite ocorrem dobrados.

Observações Lâmina 2: matriz semelhante à lâmina L1, com turmalinização intensa. Predominância de filossilicatos acastanhados (predominantemente biotites descoradas) que ocorrem associados aos veios de quartzo. Observa-se uma quantidade maior de grãos de pirrotite e de maiores dimensões relativamente à L1 e, neste caso, ocorrem no veio de quartzo. As pirrotites ocorrem bastante fraturadas e a serem substituídas por um mineral esbranquiçado, por vezes associando-se à calcopirite, estanite e óxidos de ferro. Diversos grãos de arsenopirite fraturada e com zonamentos, evidenciando diversas gerações de crescimento. O rútilo, que apresenta duas gerações, ocorre disseminado por toda a lâmina. A primeira geração de rútilo corresponde, possivelmente, a rútilo primário (do encaixante) e, portanto, encontra-se meteorizado, enquanto a segunda geração ocorre recristalizada. Minerais de relevo elevado, iguais aos da L1 que correspondem a rútilos. A turmalina, que apresenta zonamentos, ocorre a ser substituída por filossilicatos e por vezes contém inclusões de pequenas dimensões de sulfuretos. Pirrotite a ser substituída por pirite e posteriormente por hematite/hidróxidos de ferro. Um grão de electrum, muito pequeno, disseminado no encaixante. A arsenopirite contém, por vezes, inclusões de galena, de esfalerite, de pirrotite, de turmalina e de um sulfo-arseneto de Ag. Scheelite sob a forma de grãos de dimensões muito pequenas, disseminada no encaixante. Por vezes, ocorrem inclusões de um fosfato de ítrio na moscovite.

Inclusões fluidas: no veio de quartzo ocorrem inclusões fluidas que apresentam dimensões reduzidas, são bifásicas (L+V), aquosas, pseudo-secundárias e secundárias, FLW 20-30%, de formas arredondadas no geral.

S1.77.10

**Descrição Macroscópica:**

Xisto negro, turmalinizado, composto por rara scheelite e sulfuretos disseminados, predominantemente pirite e arsenopirite. Veio (> 2cm) de quartzo leitoso e cinzento com sulfuretos (pirite oxidada?), com pequenas fracturas posteriores preenchidas por arsenopirite. Pequenos filonetes oxidados posteriores ao veio de turmalina, que correspondem a fendas de tração milimétricas sucessivas. A pirite ocorre a delimitar um dos contactos encaixante-veio.

Descrição Microscópica:

Mineralogia: quartzo, filossilicatos, turmalina, carbonatos (siderite?), clinozoisite?, arsenopirite, marcassite, pirite, calcopirite, rútilo/ilmenite, esfalerite, pirrotite, óxidos/hidróxidos de ferro

Tipos de alteração: turmalinização intensa, silicificação, sulfidização

Observações Lâmina 1: xisto negro, turmalinizado, com 3 gerações de quartzo. A 1ª geração corresponde a grãos de grandes dimensões com imensas IF e extinção ondulante; na 2ª geração os grãos são mais pequenos, com menos IF; a 3ª geração tem grãos subgranulados, que ocorrem essencialmente em pequenos filonetes. Sulfuretos disseminados no veio de quartzo (arsenopirite, pirite a ser substituída por marcassite, calcopirite, pirrotite e esfalerite). A arsenopirite tem inclusões de pirrotite e esfalerite e ocorre depositada preferencialmente em zonas de fracturas milimétricas tardias. A calcopirite e a esfalerite ocorrem associadas. No xisto verifica-se uma turmalinização bastante intensa, acompanhada pela deformação que é marcada pelos filossilicatos. Observam-se tanto secções basais como tabulares de turmalina. Os filossilicatos acastanhados deverão corresponder a moscovites ferríferas. Filonetes de quartzo de 2ª geração que acompanham a deformação do xisto. No xisto verifica-se um dobramento da xistosidade e clivagem de crenulação. Rútilos disseminados no encaixante.

Observações Lâmina 2: encaixante turmalinizado com diversos veios milimétricos de quartzo dobrados. No encaixante observam-se turmalinas abundantes de secções basais e tabulares. A turmalinização ocorre nos níveis mais finos e ricos em matéria orgânica e também nos veios de quartzo mais precoces. Rútilo/ilmenite em laivos ao longo de planos de clivagem e associado a estruturas da arsenopirite que está incluída na pirite. Ocorrem grãos de pirite, arsenopirite e calcopirite disseminados no encaixante. A arsenopirite ocorre essencialmente sob a forma de agulhas, a pirite está parcialmente substituída por marcassite e ocorre em grãos de grandes dimensões e a calcopirite em grãos de pequenas dimensões anédricos. A pirite tem duas gerações, uma porosa e outra recristalizada.

ANEXO 1

A pirite, com inclusões de arsenopirite, ocorre a delimitar o contacto veio de quartzo - encaixante. Existem diversos filonetes preenchidos por carbonatos que intersectam os filonetes de quartzo. Raros carbonatos no veio e raros sulfuretos (arsenopirite). O quartzo do veio tem duas gerações, uma com grãos de maiores dimensões e extinção ondulante, outra com grãos subgranulados de pequenas dimensões. No veio de quartzo ocorrem minerais de maior relevo que correspondem a carbonatos tardios. A arsenopirite, pirrotite, calcopirite e esfalerite são contemporâneas da turmalinização. As grandes massas de pirite são posteriores a tudo (aos sulfuretos e turmalinização) e a marcassitização é tardia. Arsenopirite com inclusões de pirrotite. Pirite com inclusões de esfalerite, de calcopirite e de um mineral cinzento, nos bordos, com algumas reflexões brancas que não parece rútilo. Carbonatos e óxidos de ferro a preencher espaços vazios. Calcopirite intra e inter cristalina relativamente às turmalinas. Duas gerações de calcopirite, uma posterior à pirite e outra contemporânea da turmalinização.

Inclusões fluidas: na 1ª geração de quartzo ocorrem, essencialmente, inclusões fluidas secundárias, bifásicas (L+V), de pequenas dimensões, aquosas, com FLW 10-30%, no geral elípticas. As inclusões fluidas de maiores dimensões, são mais rectangulares e têm FLW 30-45%. Existe outra família de inclusões fluidas com FLW 90-95%. Raras inclusões trifásicas. No geral, dispõem-se segundo planos de crescimento do mineral.

S1.77.24



Descrição Macroscópica:

Intercalação de xisto negro turmalinizado e grauvaque cinzento com sulfuretos disseminados (pirite), geralmente associados às zonas mais psamíticas e alguns *boxworks*. Pequenos filonetes de quartzo perpendiculares ao alongamento da amostra que intersectam as diversas intercalações de xisto e grauvaque. Veio de quartzo e feldspato, com ~1,5 cm de largura, bordos irregulares e sulfuretos disseminados (pirite oxidada ?). Veio de arsenopirite no xisto. Presença de pirite no contacto entre o veio de quartzo e o encaixante. Algumas pontuações de scheelite.

Descrição Microscópica:

Mineralogia: quartzo, filossilicatos, turmalina, pirite, calcopirite, pirrotite, arsenopirite, esfalerite, rútilo, marcassite, óxidos/hidróxidos de ferro, covelite

Tipos de alteração: marcassitização de pirite, silicificação, turmalinização intensa, sulfidização

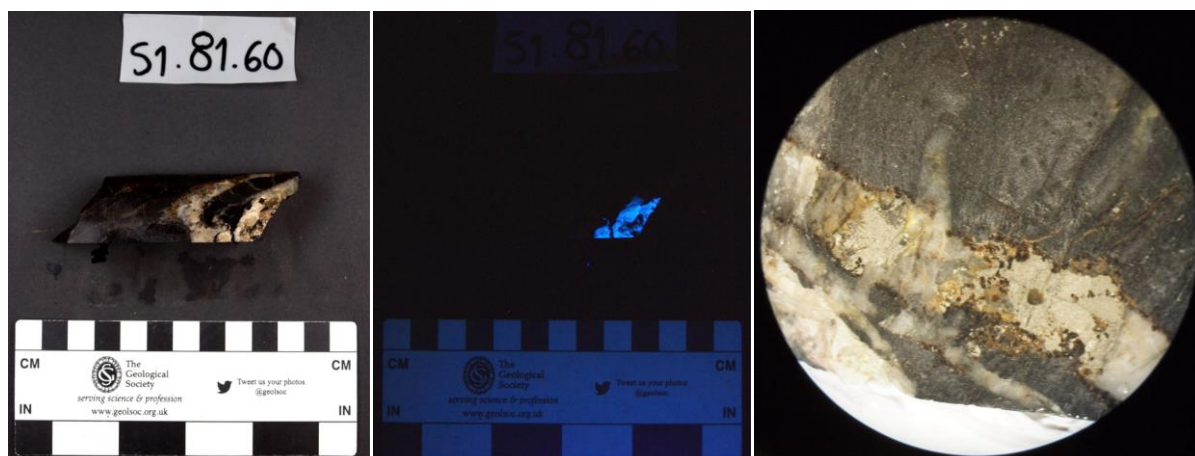
ANEXO 1

Observações Lâmina 1: contacto entre xisto bastante turmalinizado e veio de quartzo. Três gerações de quartzo: a 1ª geração é representada por grãos de grandes dimensões, com extinção ondulante e presença de IF; a 2ª geração é constituída por grãos de menores dimensões, sem extinção ondulante, com algumas IF; a 3ª geração tem dimensões bastante reduzidas em relação às anteriores e ocorre essencialmente associada a filonetes milimétricos preenchidos por turmalinas no próprio veio de quartzo. Sulfuretos (pirite, calcopirite, pirrotite, arsenopirite) presentes no veio de quartzo. Os grãos de pirite são de maiores dimensões relativamente aos grãos de calcopirite, são muito porosos e encontram-se meteorizados. Os grãos de pirrotite ocorrem muito fracturados e meteorizados. O contacto entre o veio e o xisto é marcado por grãos tabulares de arsenopirite formando clusters e, em menores quantidades, por calcopirite de pequenas dimensões. No encaixante ocorrem diversos veios de quartzo (de 2ª geração, recristalizados e subgranulados) que se encontram extremamente dobrados, abundantes turmalinas tabulares não orientadas e filossilicatos castanhos (possivelmente biotite). Ocorrem, também no encaixante, grãos disseminados de arsenopirite, pirite a ser substituída por marcassite, calcopirite e rútilo. Os sulfuretos não acompanham a deformação do quartzo, sugerindo que a deposição destes é posterior à deformação dos veios de quartzo. A calcopirite, por vezes, ocorre associada aos bordos da esfalerite no veio de quartzo. A covelite associa-se aos bordos da calcopirite. Observam-se grãos de dimensões muito reduzidas de calcopirite e pirrotite (pertencendo à mesma textura). A calcopirite, que ocorre muito oxidada (cores muito alaranjadas) é posterior à arsenopirite. A esfalerite é posterior à pirite. Verificam-se duas gerações de arsenopirite e de pirrotite. No geral, a arsenopirite associa-se ao encaixante e a pirrotite aos veios milimétricos que ocorrem no encaixante.

Observações Lâmina 2: intercalação entre níveis pelíticos turmalinizados e níveis psamíticos. Ocorrem pequenos veios de quartzo, por vezes entrecruzados entre si, a intersectar o encaixante. *Clusters* de arsenopirite acicular e rútilos disseminados no encaixante. A arsenopirite ocorre ligeiramente a delimitar o contacto encaixante-veio. Turmalinas zonadas de maiores dimensões rodeadas por rútilos. A pirite, com duas gerações visíveis, encontra-se a substituir a marcassite e ocorre, não raramente, nos veios de quartzo. No geral, os sulfuretos (pirite, pirrotite e calcopirite) concentram-se nas zonas dos veios de quartzo. Observa-se uma xistosidade dobrada bem marcada, por vezes por rútilos.

Inclusões fluidas: nos grãos de quartzo de 1ª geração existe uma elevada quantidade de inclusões fluidas. Estas apresentam diferentes morfologias (circulares, quadradas, elípticas), diferentes dimensões, FLW variáveis (50-10%) aparentam ser aquosas, geralmente bifásicas (L+V), raras monofásicas (L) e trifásicas (L+V+S). Existem diversos tipos de inclusões fluidas: a grande maioria são secundárias (transgranulares); pseudo-secundárias intergranulares (bordo-bordo/ bordo-interior); primárias (a acompanhar o crescimento do mineral). Os diferentes alinhamentos de inclusões fluidas cruzam-se em diferentes planos dentro do mesmo grão.

S1.81.60

**Descrição Macroscópica:**

Grauvauque cinzento com raro xisto negro, disseminação de sulfuretos, essencialmente grãos de pirite com ~ 2mm e de arsenopirite com <1mm. Contacto entre encaixante e dois veios com mineralogia distinta mas que se bifurcam. Um dos veios é constituído por quartzo com salbanda micácea bem visível nos bordos, turmalina, sulfuretos disseminados (pirite e calcopirite), um grão de wolframite (?), enquanto o outro veio não tem salbanda micácea mas tem predominância de scheelite.

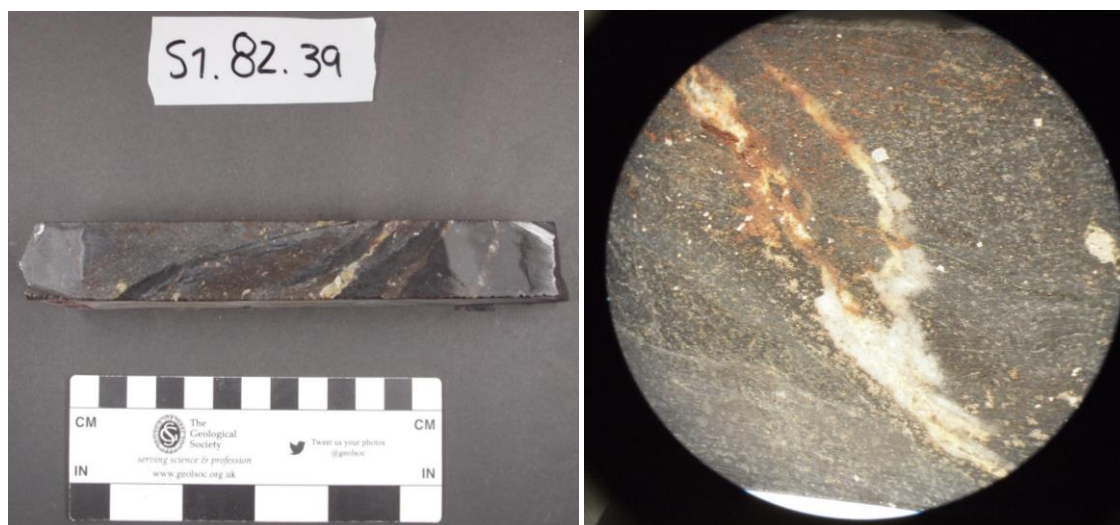
Descrição Microscópica:

Mineralogia: turmalina, filossilicatos, quartzo, scheelite, arsenopirite, pirite, calcopirite, pirrotite, esfalerite, marcassite, rútilo, galena, apatite

Tipos de alteração: turmalinização, silicificação, sulfidização

Observações: xisto turmalinizado e com bastantes sulfuretos disseminados. A turmalina do encaixante, que por vezes contém inclusões de pequenos grãos de apatite, não ocorre orientada apesar de se verificar uma certa xistosidade. Os sulfuretos principais são arsenopirite, pirite, calcopirite e esfalerite. A arsenopirite ocorre em *clusters* com hábito tabular, a intercrescer juntamente com a pirrotite e contém inclusões de pirrotite, galena e esfalerite. Rara calcopirite anédrica com inclusões de arsenopirite e esfalerite. Pirrotite com raras inclusões de calcopirite. Rútilo disseminado em laivos associado às zonas de turmalinização mais intensa. Grãos de pirite de grandes dimensões com raras inclusões de marcassite?. No geral, a arsenopirite, pirrotite e calcopirite ocorrem associadas e deverão ser contemporâneas. Observa-se um veio dobrado a intersectar o xisto, constituído por duas gerações de quartzo recristalizado extremamente subgranulado, poucos filossilicatos e raros sulfuretos (principalmente pirrotite). Num dos bordos da lâmina observa-se o contacto entre o xisto e um veio. O veio é composto por salbanda micácea de ambos os lados do veio, grãos de quartzo de grandes dimensões com bastante IF e extinção ondulante, turmalinas tabulares de dimensões grandes com pleocroísmo desde incolor a acastanhado e esfalerites anédricas com rara pirite associada. Este veio de quartzo contacta outro veio constituído apenas por scheelite. A scheelite é anédrica, de grandes dimensões, observa-se uma direção de clivagem e relevo elevado. Ao longo do encaixante ocorrem diversos filonetes constituídos apenas por quartzo.

S1.82.39

**Descrição Macroscópica:**

Intercalação entre grauvaque cinzento muito fino e diversos níveis de xisto negro. Sulfuretos disseminados (pirite e arsenopirite) essencialmente nos níveis grauvaquíferos e escassos *boxworks*. Dois veios (~45°) que cortam a xistosidade, com bordos irregulares, ~5mm, constituídos por filossilicatos brancos e castanhos (moscovite/biotite), quartzo acinzentado e rara scheelite. Um veio (~45°) de quartzo com sulfuretos disseminados (pirite, calcopirite, arsenopirite) e zonas de oxidação. Presença de veios oxidados (laranjas).

Descrição Microscópica:

Mineralogia: pirite, pirrotite, calcopirite, rútilo/ilmenite, arsenopirite, esfalerite, turmalina, filossilicatos, quartzo, feldspato, grafite, cassiterite?, monazite, apatite, zircão, óxidos de ferro, plagioclase, carbonatos, clorite

Tipos de alteração: oxidação, sulfidização, pirrotitização de pirite, turmalinização menos intensa

Observações Lâmina 1: esta lâmina é composta por uma intercalação de níveis pelíticos (parte mais negra) e psamíticos. Os níveis pelíticos contêm grãos tabulares de turmalina que não se encontram orientados, óxidos de ferro, um veio de quartzo muito deformado, diversos grãos de zircão e rútilo disseminado. Nos níveis mais pelíticos do xisto verifica-se um certo dobramento marcado pelos filossilicatos. O contacto entre os diferentes níveis é relativamente delimitado por sulfuretos, principalmente por pirite. Os níveis psamíticos são constituídos por filossilicatos de dimensões médias, acastanhados (biotite ou moscovite corada), diversos sulfuretos associados às seções com maior quantidade de filossilicatos. Os grãos de rútilo ocorrem a delimitar os níveis de xistosidade, verificando-se em certos locais clivagem de crenulação e pequenos rejeitos. A pirite e a pirrotite são os sulfuretos mais abundantes e ocorrem em grãos disseminados, anédricos, fragmentados e a preencher fracturas. A pirrotite ocorre muito porosa e com inclusões de esfalerite. Por vezes a calcopirite ocorre associada à pirite e pirrotite. Na pirrotite verificam-se texturas de exsolução. É possível que a pirrotite tenha inclusões de pirite, magnetite (mineral cinzento pequeno incluso na pirrotite) e pentlandite (parece pirite mas é mais clara, isotropa). A esfalerite ocorre associada à pirite. A arsenopirite ocorre em grãos euédricos. Observam-se cristais prismáticos e seções basais do prisma de turmalina. Os sulfuretos (pirrotite, calcopirite, pirite e esfalerite) ocorrem essencialmente associados ao mineral castanho de relevo muito alto (zircão). Veio de carbonatos com ferro (mineral acastanhado, relevo alto, tintas 2,3º ordem) onde se observam também sulfuretos, essencialmente pirrotite depois de pirite. No fim do veio vermelho existem uns minerais transparentes com relevo moderado, ligeiramente

ANEXO 1

rosados/cremes com tintas altas, com cintilação, 3 direções de clivagem que poderão corresponder a um carbonato. Grãos isolados que aparentam ser plagioclase, com relevo relativamente elevado, ficam totalmente extintos, com maclas de deformação em cunha, birrefringência muito baixa. Possivelmente o veio de carbonato terá libertado ferro e formado hematite nos bordos do veio (cinzento claro com reflexões internas vermelhas). Presença de apatite disseminada no encaixante.

Observações Lâmina 2: xisto com intercalações de níveis pelíticos e psamíticos, com uma matriz sericítica muito fina. Observam-se dois veios preenchidos por clorite, moscovite, quartzo?, rara esfalerite, pirite, pirrotite e um mineral acastanhado com relevo elevado que poderá ser cassiterite (?) e só se observa bem com ampliação 40x. Por vezes, no encaixante observam-se agulhas de turmalina tabulares. Ocorrem minerais opacos no encaixante tais como arsenopirite, esfalerite e rútilo. Grãos bastante meteorizados de cassiterite anédrica??. Geralmente, nos núcleos das cassiterites ocorrem pirites meteorizadas também. Esfalerite, pirite e pirrotite associadas. Rútilo abundante disseminado em laivos. Clivagem de crenulação bem visível e marcada pelos grãos de rútilo. Ilmenites? (grãos cinzentos com maclas). A pirite por vezes ocorre a preencher micro fraturas em forma de “fendas de tração”. Duas gerações de arsenopirite, uma composta por arsenopirites anédricas e outras por grãos de grandes dimensões e euédricos.

1.2 Sondagem S8

S8.34.53



Descrição Macroscópica:

Xisto tectonizado, com forte oxidação, numerosas vénulas anastomosadas de quartzo endurecido, quartzo recristalizado, filossilicatos (moscovite, biotite e sericite), sulfuretos (pirite e calcopirite) disseminados e argilas. Bastante sulfidização e posterior oxidação dos sulfuretos. Pirite/arsenopirite disseminadas no quartzo.

Descrição Microscópica:

Mineralogia: filossilicatos, quartzo, hematite, volframite?, pirrotite, turmalina, óxido/hidróxidos de ferro, cassiterite, rútilo

Tipos de alteração: sulfidização, argilização, oxidação dos sulfuretos

Observações Lâmina 1: Xisto argilizado/silicificado, com forte oxidação, constituído maioritariamente por quartzo (2 gerações) e filossilicatos (2 gerações). Um grão de arsenopirite bastante alterado. O quartzo ocorre deformado e com extinção ondulante. A cassiterite é subeuédrica e abundante.

Observações Lâmina 2: a matriz é constituída essencialmente por filossilicatos, algum quartzo, turmalina e cassiterite. São visíveis, por toda a lâmina, bastantes óxidos de ferro, alguns deles a substituírem minerais que poderão ter sido sulfuretos. Os principais opacos são de difícil observação pois já se encontram quase na totalidade oxidados. A pirrotite é rara de observar, mas ocorre associada aos óxidos de ferro. Grãos abundantes de cassiterite anédrica de dimensões média a grande. Diversos grãos disseminados de rútilo.

S8.34.80

**Descrição Macroscópica:**

Xisto tectonizado que apresenta forte alteração hidrotermal, oxidação e sulfidização. Duas ou três gerações de quartzo (cinzento, leitoso, branco), filossilicatos (brancos e castanhos), argila, granada, sulfuretos disseminados (calcopirite e pirite), esfalerite, pequeno veio de clorite. Veio (~1cm) constituído essencialmente por quartzo, sulfuretos (pirite/marcassite, calcopirite), micas brancas, granada, feldspato e clorite. A biotite normalmente ocorre associada aos sulfuretos.

Descrição Microscópica:

Mineralogia: cassiterite, granada, filossilicatos, pirite, clorite, quartzo, arsenopirite, rútilo, covelite, calcopirite, hematite, argila, sulfureto de cádmio, tungsténio, sulfureto de cobre, esfalerite

Tipos de alteração: cloritização das moscovites, enxames de granadas, forte alteração hidrotermal, oxidação

Observações: Rocha metassomatizada constituída essencialmente por um enxame de granadas (grossulárias) e cassiterites. Cassiterite abundante em grãos anédricos, com birrefringência de 3ª ordem. Duas gerações de granada (isótropa), uma que parece que cresceu inicialmente e outra que cresceu em espaços abertos. Por vezes, ocorrem moscovites a preencher fraturas milimétricas nas granadas. As granadas contêm inclusões muito pequenas de tungsténio e de um sulfureto de cobre. Os filossilicatos revelam duas gerações, uma vez que alguns grãos se encontram cloritizados (incolores) enquanto outros apresentam birrefringência de 2ª e 3ª ordem (acastanhados). Grãos de pirite meteorizados e de pequenas dimensões com inclusões de cassiterite e de tungsténio. Rara arsenopirite euédrica. Frequentes rútilos disseminados em laivos. Rara covelite que parece substituir grãos euédricos de pirite. Muito raramente ocorrem grãos de calcopirite e hematite. Um grão de calcopirite com covelite nos bordos. Os grãos de quartzo encontram-se muito deformados e com inclusões fluidas. Identificou-se um sulfureto de cádmio a preencher fracturas milimétricas na esfalerite, assim como esfalerite de dimensões muito pequenas inclusa nas granadas.

S8.35.75

**Descrição Macroscópica:**

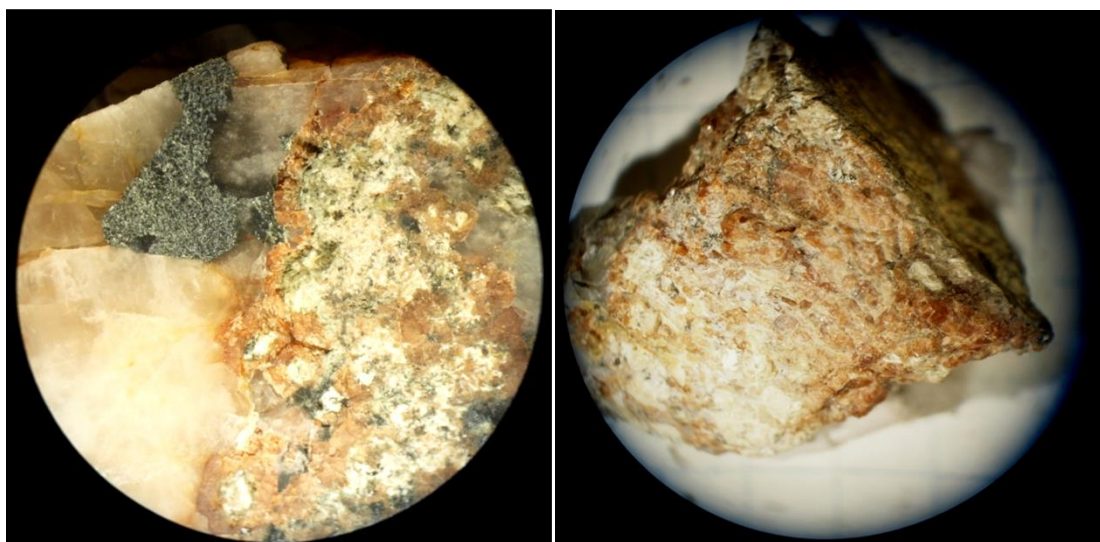
Tectonito que corresponde a uma zona de alteração hidrotermal muito intensa, bastante meteorizado e freável, sulfidização acentuada. Duas gerações de quartzo (leitoso e cinzento), filossilicatos (essencialmente sericite), pirite disseminada, possivelmente granada bastante alterada, clorite. Normalmente os sulfuretos ocorrem associados à granada.

Descrição Microscópica:

Mineralogia: granada, cassiterite, esfalerite, covelite, calcopirite, pirite, pirrotite, moscovite, biotite, clorite, quartzo, rútilo, óxidos/hidróxidos de ferro

Tipos de alteração: cloritização das biotites, metassomatismo e alteração hidrotermal

Observações: a lâmina corresponde a uma frente de alteração metassomática caracterizada por abundância de granadas e cassiterite. Enxame de granadas, todas bastante fraturadas, de grandes dimensões, zonadas e, por vezes, algumas apresentam anisotropia devido à deformação. Identificam-se, não raramente, cassiterites inclusas nas granadas e no quartzo. Essas cassiterites são anédricas, de pequenas dimensões, com birrefringência alta. Pirite disseminada e extremamente meteorizada. A grande maioria das biotites azuladas/acastanhadas (ou flogopites) encontra-se cloritizada (birrefringência anômala). O quartzo ocorre deformado. Regularmente ocorrem rútilos sob a forma de agulhas, já algo meteorizados. Ocasionalmente identificam-se grãos de pirrotite de pequenas dimensões inclusos nas granadas. É frequente observar-se nos bordos da esfalerite, e menos frequente nos bordos da calcopirite e da pirite, covelite. Também se observa, muito pontualmente, covelite inclusa nas granadas.

S8.38.80**Descrição Macroscópica:**

Amostra constituída por um filão de quartzo e encaixante correspondente a uma frente de metassomatismo. Duas gerações de quartzo (leitoso nos bordos da amostra e cinzento no centro da mesma), clorite, esfalerite, sulfuretos disseminados normalmente associados ao quartzo (pirite a ser substituída por marcassite, arsenopirite), filossilicatos e rara scheelite. Veio (~1cm) constituído essencialmente por aglomerado de granadas associadas ao quartzo, clorite, volframite, feldspato, anfíbola verde (tremolite-ferroactinolite)?, esfalerite, mineral prismático que parece uma turmalina (dravite, rica em Mg), um mineral verde ~0,5mm (piroxena ou anfíbola), volastonite? (mineral branco freável), epídoto. Veios milimétricos constituídos por epídoto e feldspato que resultam da retrogradação das granadas. Verifica-se bastante cloritização das granadas (visível do núcleo para o bordo das mesmas). Filonete de arsenopirite associada à esfalerite.

Descrição Microscópica:

Mineralogia: quartzo, clorite, epídoto, granada, filossilicatos, cassiterite, silimanite, clinozoisite, estanita, arsenopirite, esfalerite, marcassite, calcopirite, covelite, rútilo, pirite, digenite, tetraedrite-tenantite, pirrotite, vesuvianite?, estanita?

Tipos de alteração: metassomatismo intenso, marcassitização de pirite, cloritização das granadas

Observações Lâmina 1: a lâmina corresponde a uma frente de metassomatismo constituída essencialmente por granadas, clorite e poucos sulfuretos. Observam-se com frequência secções euédricas e anédricas de granadas, todas extremamente fracturadas. As reflexões internas da granada formam uma espécie de *stockwork*. Tanto a pirite como a arsenopirite ocorrem muito fraturadas. No quartzo verificam-se duas gerações: a 1ª com grãos de grandes dimensões e muitas IF; a 2ª com grãos de menores dimensões e bastante fraturados. Rara calcopirite. A pirite ocorre muitas vezes a ser substituída por marcassite e recristalizada. Covelite e digenite associadas à calcopirite e por vezes inclusas na pirite. A covelite ocorre a substituir a tetraedrite-tenantite (mineral cinzento de forma triangular). Substituição da pirrotite por marcassite. Observa-se um mineral cinzento esverdeado, isótropo, com dureza mais baixa que a pirite, clivável, que poderá corresponder a uma esfalerite alterada. A granada é posterior à pirite. Algumas granadas que apresentam hábito prismático poderão representar granadas que substituíram grãos de vesuvianite. Esfalerite com inclusões de calcopirite. Cassiterite abundante (grãos pequenos com birrefringência alta) anterior ao processo de marcassitização da pirite. Mineral esverdeado isótropo que corresponderá a estanita ou tetraedrite. Observam-se rútilos com frequência (semi-opacos com reflexões internas amareladas).

Observações Lâmina 2: a lâmina corresponde a uma frente de metassomatismo, constituído essencialmente por um aglomerado de granadas e cassiterites associadas ao quartzo, clorite, esfalerite e pirite. As granadas encontram-se bastante fraturadas, apresentam grandes dimensões, secções euédricas de 6 lados, algumas são isótropas e outras anisótropas, e encontram-se bastante cloritizadas (do núcleo para o bordo). Ocorrem duas gerações de granada, a primeira geração está cloritizada (é mais acastanhada e poderá originar clorite ou epídoto) e associada às cassiterites. Dentro dessas granadas de primeira geração, há vestígios de sulfuretos. A 2ª geração de granadas é representada por grãos euédricos recristalizados. A esfalerite apresenta triângulos de arrancamento alaranjados e, por vezes, tem inclusões de calcopirite e covelite. Verifica-se um cristal de esfalerite em que nos bordos ocorre pirite a ser substituída por marcassite. A clorite é abundante e revela uma anisotropia azul forte. É posterior às granadas e associa-se à deposição do quartzo, que é tardio. A cassiterite é menos frequente e de menores dimensões. Não raramente, são visíveis grãos com cores azuis e brancas misturadas que poderão representar uma substituição entre a clorite e o quartzo.

Inclusões fluidas: no quartzo de 1ª geração são bifásicas (L+V), de dimensões médias, com formas no geral quadradas e rectangulares, aquosas, com FLW 10-30%. Existem outras inclusões fluidas de grandes dimensões com FLW 30-40% e bifásicas. No geral são secundárias. Raras inclusões com FLW 90%.

S8.44.15

**Descrição Macroscópica:**

Intercalação de xisto e grauvaque com alguma sulfidização e sericitização. No encaixante predominam filonetes de quartzo milimétricos a intersectarem-se uns aos outros, sulfuretos disseminados (pirite a ser substituída por marcassite), feldspato, scheelite e um mineral oxidado avermelhado que pode ser cassiterite, colombo-tantalite ou rútilo. Um veio (< 5mm) constituído essencialmente por quartzo e clorite com alguns vestígios do encaixante. Um dos filonetes de quartzo apresenta alguma scheelite. Veio de maiores dimensões (~1 cm) constituído por scheelite abundante, micas, feldspato e pirite.

Descrição Microscópica:

Mineralogia: arsenopirite, esfalerite, estanite, calcopirite, pirite, pirrotite, scheelite, marcassite, quartzo, filossilicatos, clorite, rútilo, esfena, hematite, grafite

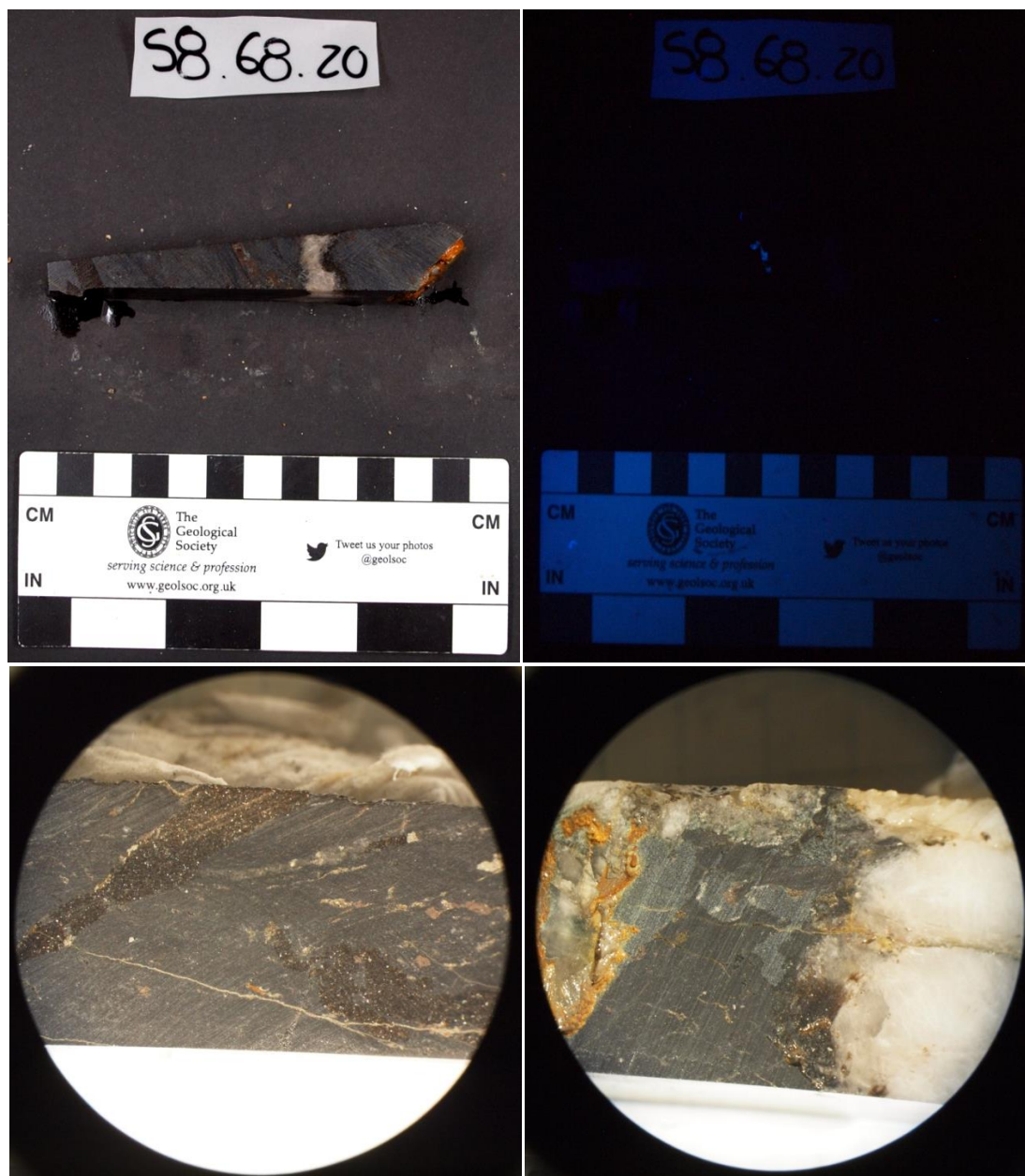
Tipos de alteração: sulfidização, sericitização, marcassitização de pirite, cloritização intensa

ANEXO 1

Observações Lâmina 1: encaixante xistento com matriz sericítica, scheelite e sulfuretos disseminados. Os veios que intersectam o encaixante são preenchidos essencialmente por quartzo e clorite abundante. O quartzo ocorre bastante recristalizado. Os veios são intersectados por filonetes posteriores constituídos apenas por quartzo. No encaixante, que apresenta uma matriz sericítica bastante fina, ocorre bastante clorite. As clorites apresentam cores desde verde a azulado. Grãos subédricos de esfalerite com pirite a preencher fracturas milimétricas e estanita nos bordos. Pirite, pirrotite e esfalerite associadas. Algumas pirites estão a ser substituídas por marcassite. O veio de maiores dimensões que atravessa o encaixante (perpendicularmente ao comprimento da lâmina), é composto por quartzo de dimensões grandes, clorite e sulfuretos. Os sulfuretos correspondem a pirrotite, pirite, esfalerite com pirrotite nos bordos, agulhas de rútilo, calcopirite com inclusões de esfalerite. No bordo da lâmina identifica-se um veio só de quartzo, em que o quartzo ocorre com intensa subgranulação, estirado e com extinção ondulante evidenciando que sofreu deformação.

Observações Lâmina 2: intersecção entre o encaixante e um veio, de grandes dimensões, composto essencialmente por quartzo, clorite abundante e sulfuretos disseminados. No veio, o quartzo está representado por duas gerações (a primeira por grãos maiores muito porosos e a segunda por grãos recristalizados com forte subgranulação) e os raros grãos de scheelite são anédricos e zonados. Os sulfuretos do veio correspondem a pirite, esfalerite, rara calcopirite, rara pirrotite. A pirite encontra-se muito porosa e oxidada, anédrica, fraturada e a ser substituída por marcassite e esfalerite. Nos bordos da pirite observam-se hematites (reflexões internas vermelhas). Distinguem-se duas gerações de pirite (uma euédrica recristalizada e outra em laivos). Nos bordos dos grãos de esfalerite identificam-se com frequência pirite e estanita. A estanita também ocorre nos bordos da calcopirite. O veio encontra-se fortemente cloritizado, cujas clorites conferem uma grande dimensão, cor creme com forte anisotropia esverdeada/acastanhada. O contacto entre o veio e o encaixante é ligeiramente delimitado pela pirite porosa. No encaixante verificam-se filonetes milimétricos, com mineralogia semelhante à do veio de maiores dimensões, o que sugere que as micro-fraturas no encaixante foram aproveitadas pelo fluido do veio. A matriz do encaixante é composta por uma matriz sericítica, com bastante grafite e quartzo subgranulados e extremamente deformado. Também existem sulfuretos e óxidos no encaixante, nomeadamente pirite porosa, arsenopirite euédrica, agulhas de rútilo e, não tão frequente, esfalerite. Observam-se uns grãos cinzentos com baixa refletância e anisotropia amarela forte e esbranquiçada que poderá corresponder a esfena. No encaixante é possível verificar a existência de micro-rejeitos delimitados por agulhas de rútilo, que originam uma clivagem de crenulação.

S8.68.20

**Descrição Macroscópica:**

Intercalação de xisto-grauvaque silicificado, com bastante sulfidização no encaixante, essencialmente esfalerite, pirite, calcopirite, pirrotite, arsenopirite e galena (ou mineral de bismuto? mais branco e reflectante que a arsenopirite). Veios (~1mm) precoces de quartzo, sulfuretos (esfalerite, pirite) e filossilicatos (biotite) e veios posteriores de quartzo e filossilicatos de maiores dimensões (~2 a 3 mm). Fracturas milimétricas tardias preenchidas por pirite. Um veio perpendicular ao alongamento da amostra (< 1 cm) constituído por quartzo leitoso, scheelite, turmalinização nos bordos do veio, filossilicatos e rara pirite.

Descrição Microscópica:

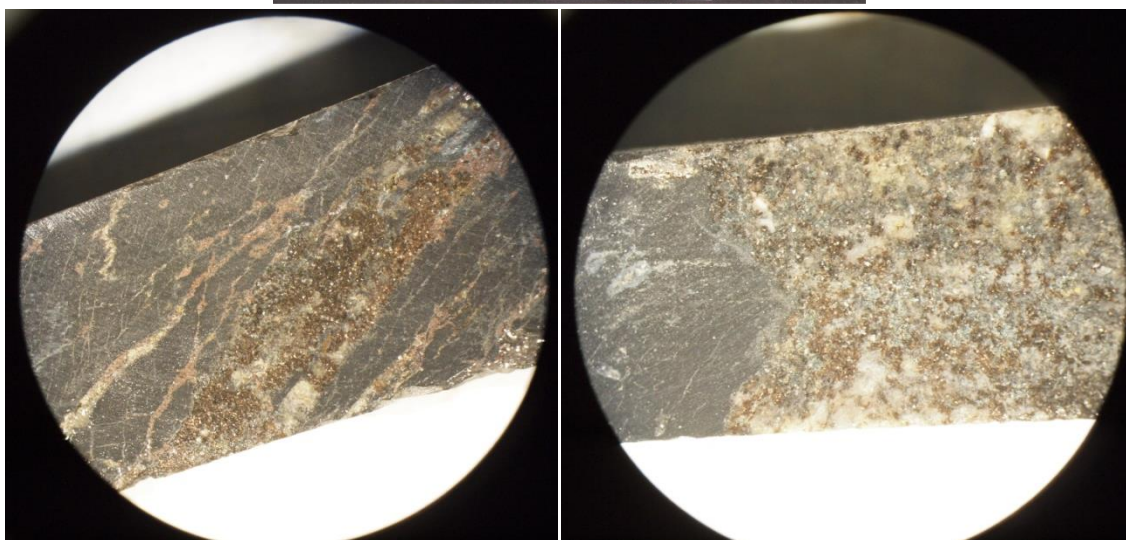
Mineralogia: filossilicatos, pirite, calcopirite, arsenopirite, pirrotite, esfalerite, quartzo, covelite, rútilo, ilmenite, clorite

Tipos de alteração: sericitização, silicificação, sulfidização, cloritização das moscovites

ANEXO 1

Observações: xisto silicificado que contacta com um veio de quartzo. No veio grande que contacta o encaixante observa-se essencialmente quartzo, pirite e um aglomerado de moscovites cloritizadas (de cor acastanhada). Os grãos de quartzo apresentam grandes dimensões e são porosos. As pirites são de pequenas dimensões, anédricas, porosas e, por vezes, nos bordos, ocorre covelite. As pirites no geral ocorrem a preencher fraturas no veio de quartzo ou estão associadas aos filossilicatos. Observa-se com menor frequência calcopirite, rútilo anédrico disseminado e um mineral cinzento em forma de agulhas (baixa refletância, anisótropo, sem reflexões, poderá corresponder a ilmenite). O encaixante é composto por uma matriz sericítica muito fina. Presença de três veios de quartzo a intersectar o encaixante, preenchidos por um filossilicato de maior granularidade (moscovite cloritizada e castanha) e esfalerite. Ao longo da lâmina vai existindo uma cominuição dos grãos de moscovite. No encaixante observam-se grãos, frequentemente associados, de pirite, calcopirite e esfalerite, bastante meteorizados, porosos e anédricos. Raros grãos de arsenopirite, por vezes com inclusões de pirrotite, que aparentam ser posteriores à pirite e à pirrotite. Observam-se, frequentemente, uns minerais cinzentos em “palhetas”, disseminados no encaixante que poderão corresponder a rútilos.

S8.68.80



Descrição Macroscópica:

Xisto-grauvaque silicificado, com forte sulfidização no encaixante (pirite, pirrotite, calcopirite, esfalerite) e filonetes milimétricos entrecruzados formando uma espécie de *stockwork* preenchidos por sulfuretos (pirite e calcopirite). Veio ($< 45^\circ$) com 1,5 cm de espessura, que aparentemente é posterior a

ANEXO 1

todos os outros veios, constituído por quartzo, biotite, turmalina, sulfuretos disseminados (pirite, calcopirite, pirrotite) e um mineral não identificado com fluorescência laranja. Veios de menores dimensões compostos essencialmente por quartzo, sulfuretos disseminados (esfalerite, pirite, pirrotite, calcopirite) e filonetes preenchidos apenas por quartzo e filossilicatos (principalmente biotite) que aparentam ser os mais precoces uma vez que são intersectados por todos os outros veios. Halo de alteração visível (manchas esbranquiçadas) que poderá corresponder à alteração dos sulfuretos. Scheelite disseminada no encaixante.

Descrição Microscópica:

Mineralogia: sericite, pirite, arsenopirite, pirrotite, marcassite, calcopirite, esfalerite, scheelite, apatite, clorite, biotite, quartzo, rútilo/ilmenite, hematite, zircão, esfena?, monazite, óxidos de ferro, galena

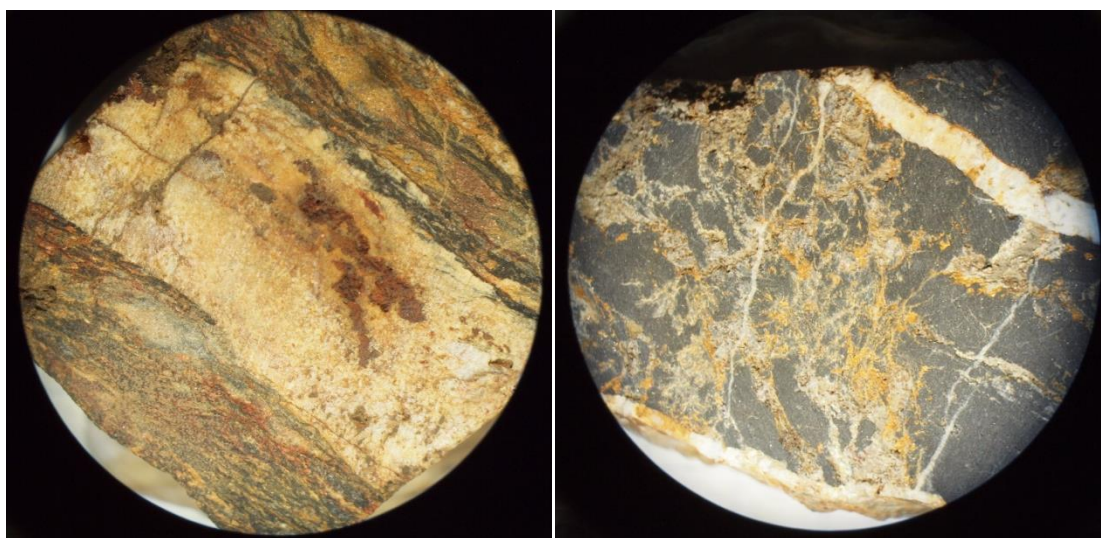
Tipos de alteração: substituição da pirite por marcassite, cloritização das moscovites, oxidação

Observações Lâmina 1: xisto constituído por matriz sericítica muito fina. A clivagem é marcada por grãos de rútilo de pequenas dimensões que apresentam uma orientação preferencial. Os filossilicatos ocorrem cloritizados. Os principais sulfuretos são pirite, marcassite, esfalerite/hematite, calcopirite, pirrotite. A maioria dos sulfuretos ocorre em grãos de pequenas dimensões. Substituição da pirite por marcassite. A pirite, no geral, ocorre recristalizada, muito fraturada e porosa, já a calcopirite ocorre em grãos de dimensões muito reduzidas inclusa na hematite. Por vezes, a pirrotite e a pirite ocorrem a serem substituídas por um mineral cinzento que deverá corresponder a óxidos de ferro. Os sulfuretos, no geral, ocorrem a preencher espaços abertos no encaixante. O encaixante sericítico é intersectado por um veio preenchido apenas por clorite.

Observações Lâmina 2: a clivagem de crenulação é sublinhada por grãos de rútilo primários (metamórficos). Observa-se rara scheelite, apatite de grandes dimensões (muito meteorizada e com pouco relevo). Por vezes ocorre monazite a preencher fraturas milimétricas na apatite. O filossilicato (moscovite) ocorre cloritizado e com ferro portanto está associado aos sulfuretos. Veio a intersectar o encaixante, constituído por quartzo, clorite, moscovites cloritizadas e sulfuretos. Os sulfuretos principais são a pirite e arsenopirite. Os sulfuretos ocorrem em grãos de pequenas dimensões disseminados no veio. Verificam-se duas gerações de pirite, uma bastante porosa (1ª) e outra a ser substituída por marcassite (2ª). A arsenopirite ocorre em grãos euédricos e raramente tem inclusões de galena. Tanto a pirite como a arsenopirite estão extremamente fraturadas. Observam-se diversos grãos de pequenas dimensões de esfena? anédrica. No encaixante também ocorrem sulfuretos disseminados como esfalerite, pirite e calcopirite. Observam-se diversas agulhas de ilmenite e rútilo intercrescidas.

1.3 Sondagem S11

S11.12.35



Descrição Macroscópica:

Xisto negro brechificado, com filonetes de quartzo milimétricos irregulares e entrecruzados, bastante oxidados. Veios (~3mm) posteriores, com bordos pouco rectilíneos e sem salbanda micácea, constituídos apenas por quartzo leitoso, em algumas zonas ligeiramente alterado. Veio de quartzo de maiores dimensões (~1 cm) com *boxworks* de pirite, que atravessa transversalmente os outros veios e é paralelo à xistosidade. Sulfuretos disseminados, no xisto e nos veios, bastante oxidados (predominantemente esfalerite).

Descrição Microscópica:

Mineralogia: hematite, quartzo, clorite, filossilicatos, rútilo, volframite?, óxidos/hidróxidos de ferro, grafite, pirite, arsenopirite, electrum?, xenótipo, zircão

Tipos de alteração: sulfidização, forte oxidação, meteorização, limonitização da pirite, brechificação

ANEXO 1

Observações Lâmina 1: xisto negro brechificado, com filonetes milimétricos de quartzo subgranulado, irregulares e entrecruzados, bastante oxidados. A matriz do encaixante é composta por sericite fina, clorite e bastantes óxidos/hidróxidos de ferro. Presença de grafite disseminada no encaixante (mineral cinzento pouco refletante), possivelmente esfena (relevo elevado e reflexões internas amareladas) e óxidos e hidróxidos de ferro (mineral cinzento com reflexões internas laranja). Cubos de pirite que agora são hematite/limonite, o que sugere uma forte oxidação (limonitização da pirite). Pirite e arsenopirite muito fragmentada e de pequenas dimensões dispersos por toda a lâmina. Pequenos grãos euédricos cinzentos refletantes, com reflexões brancas que poderão ser rútilos. A maioria dos grãos ocorre extremamente fracturados sugerindo uma possível brechificação. Grãos de dimensões extremamente pequenas, dispersos, que aparentam ser electrum. Níveis de rútilo que aparentam estar alinhados com S1, e que agora estão recrystalizados. Filonetes que provavelmente foram preenchidos por pirite e que posteriormente sofreram limonitização originando agora hematite/goethite, resultado da meteorização. No veio de quartzo de maiores dimensões, ocorrem dois grãos cinzentos (semi-opacos) com relevo elevado, reflexões internas acastanhadas, de grandes dimensões, que são rútilos e filossilicatos. Num veio de quartzo mais pequeno observam-se outros dois grãos de rútilo. Os rútilos dos dois veios de quartzo são zonados, evidenciando diferentes gerações, em que a primeira corresponde a rútilos primários, muito porosos, e a segunda corresponde a zonas recrystalizadas ricas em W, sugerindo que um fluido rico em W, ao atravessar as microfraturas do rútilo primário, recrystalizou o mesmo, dando origem a rútilos recrystalizados com zonas ricas em W. Os rútilos primários contêm imensas inclusões de xenótimo. Os filossilicatos do encaixante albergam bastantes inclusões de rútilo nas suas fraturas.

Observações Lâmina 2: brecha composta por veios de quartzo, clorite, biotite, rútilo. Os sulfuretos (pirite, marcassite, arsenopirite) encontram-se extremamente oxidados. Verifica-se que o veio de quartzo principal corresponde a aberturas polifásicas de uma fratura, corroboradas pelas diferentes gerações de quartzo presentes nesse veio. Observam-se então três gerações de quartzo, com três dimensões distintas, com subgranulação dos grãos de 2ª e 3ª geração, bastantes inclusões fluidas e nos contactos entre os diferentes grãos de 1ª geração (os de maiores dimensões) existem óxidos de ferro. Verifica-se também uma cominuição dos grãos de quartzo, do centro para os bordos do veio. No encaixante ocorrem diversos minerais cinzentos disseminados, de relevo elevado, que possivelmente corresponderão a rútilos. Grãos cinzentos bastante alterados com reflexões internas vermelhas, poderão ser volframite (ou hematite). Grãos tabulares, ligeiramente dobrados, acastanhados, que poderão ter sido turmalinas ou fósseis.

S11.22.00

**Descrição Macroscópica:**

Xisto cinzento silicificado, com diversas áreas oxidadas e esfalerite/óxidos de ferro disseminados associados a fracturas milimétricas. Contacto não regular entre o encaixante e o veio de quartzo leitoso, com ~1,5 cm de espessura, com *boxworks* milimétricos de pirite.

Descrição Microscópica:

Mineralogia: quartzo, filossilicatos, clorite, turmalina, feldspato, pirite, rútilo, apatite?, cassiterite, esfena, volframite, zircão, monazite

Tipos de alteração: biotitização forte, silicificação

Observações Lâmina 1: Amostra bastante silicificada, com textura aplítica. É constituída fundamentalmente por quartzo, filossilicatos, turmalinas, raros sulfuretos e óxidos. A maioria dos grãos de quartzo apresenta extinção ondulante e ocorrem estirados, evidenciando deformação. No quartzo verificam-se poucas inclusões fluidas de difícil observação. Os filossilicatos têm uma coloração castanha (correspondem a moscovites ferríferas e biotites) e as turmalinas são incolores. A volframite (cor cinzento mais acastanhado, anisotropia entre preto e cinzento escuro) encontra-se bastante fraturada e por vezes tem inclusões de pirite e rútilo. O rútilo (cinzento mais claro) ocorre essencialmente sob a forma de agulhas. Frequentemente ocorrem grãos anédricos de cassiterite, disseminados por toda a lâmina ou associados à volframite. A cassiterite (relevo muito alto, tons rosados, birrefringência 3ª e 4ª ordem) tem bastantes inclusões, de dimensões muito pequenas, de sulfuretos. Cassiterite com inclusões de uma fase mineral com Fe/Ti/Mn/Sn (ixiolite). Os rútilos ocorrem cheios de inclusões de volframite e de Sn. Ocorre com frequência zircão e rútilo incluso na cassiterite. Nas fraturas do rútilo ocorre monazite. As cassiterites são zonadas evidenciando duas ou três gerações distintas.

Observações Lâmina 2: Textura aplítica, com matriz composta por quartzo e filossilicatos, raras turmalinas de secções prismáticas. Verificam-se, também, alguma esfalerite, óxidos de ferro, rútilo abundante em agulhas, volframite e cassiterite. A volframite ocorre sob a forma de grãos anédricos e fraturados. Cassiterite frequente em grãos anédricos e de pequenas dimensões. Contacto com um veio constituído por quartzo de duas gerações, rara pirite em grãos muito pequenos, óxidos de ferro. A primeira geração de quartzo é composta por grãos estirados, com extinção ondulante. A segunda geração tem grãos de grandes dimensões com inclusões fluidas.

S11.46.85

**Descrição Macroscópica:**

Psamito composto por diversos grãos siltíticos e areníticos, com bastante feldspato, biotite cloritizada e zonas de oxidação alaranjadas associadas às fracturas. Veios (<5mm) dobrados de quartzo e micas, raros veios milimétricos de quartzo com bastantes *boxworks*. Contacto entre encaixante e veio constituído por quartzo, scheelite abundante, raras micas, volframite, clorite?, óxidos de ferro.

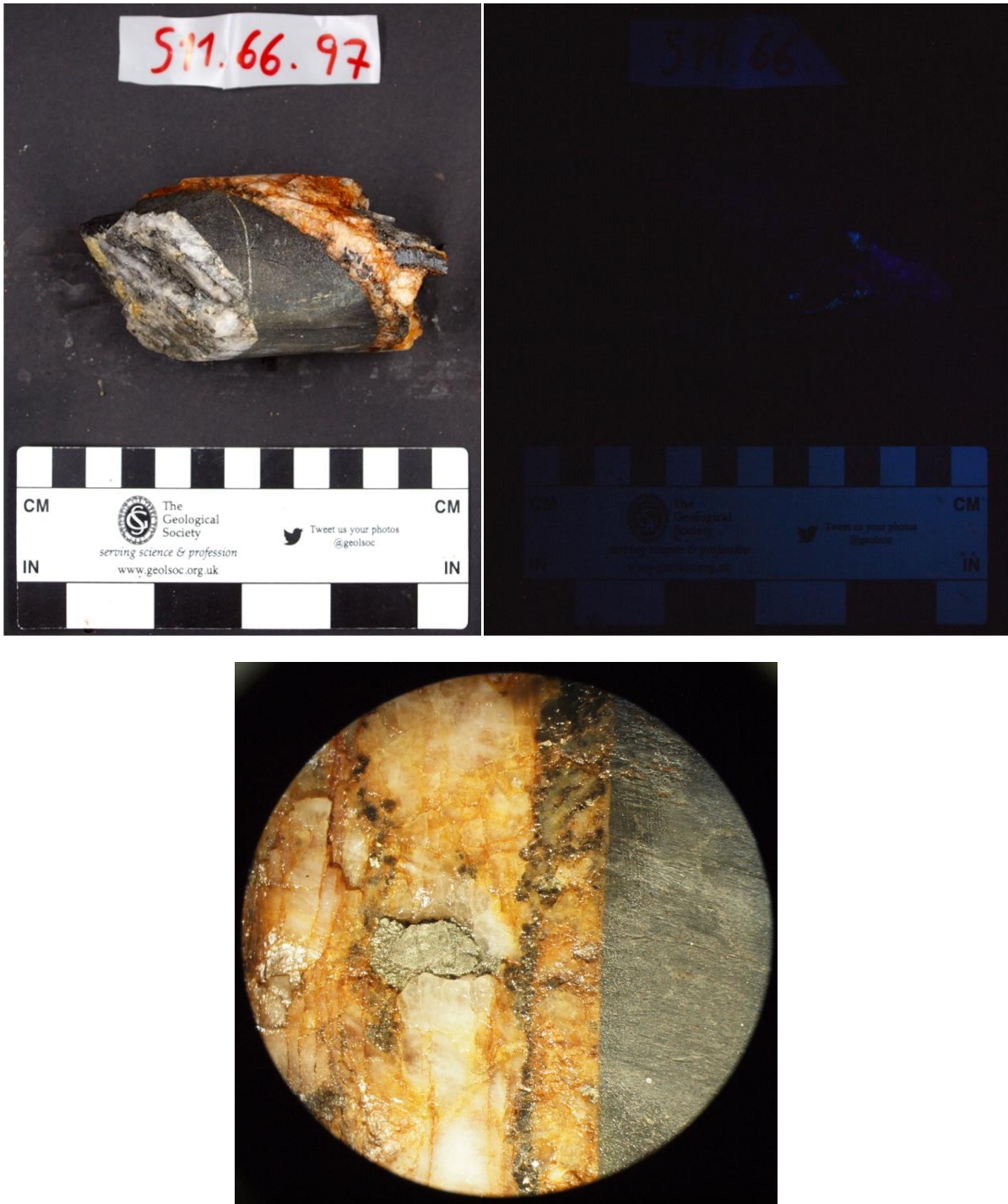
Descrição Microscópica:

Mineralogia: quartzo, filossilicatos, esfalerite, scheelite, feldspato, rútilo/ilmenite, turmalina, clorite, óxidos de ferro, plagioclase

Tipos de alteração: silicificação intensa, meteorização, cloritização das biotites

Observações Lâmina 1: a lâmina representa o contacto entre veio-encaixante-veio. O encaixante corresponde a um psamito com matriz fina constituída por sericite e porfiroblastos de quartzo e feldspato orientados segundo a xistosidade. O veio de maiores dimensões é constituído essencialmente por quartzo, filossilicatos, minerais (possivelmente rútilos) que estão a ser substituídos por óxidos e hidróxidos de ferro, rara scheelite. Verifica-se um grão, neste veio, que corresponderia a uma turmalina tabular que está a ser substituída por outro mineral. O veio de menores dimensões é composto por grãos subgranulados de quartzo recrystalizado e, menos frequentemente, filossilicatos.

Observações Lâmina 2: psamito composto por porfiroblastos de quartzo, raro feldspato, fitas de rútilo disseminadas, óxidos/hidróxidos de ferro, grãos disseminados de ilmenite de pequenas dimensões, careados. Os grãos de, possivelmente, ilmenite (cinzento mais claro) têm uma refletância mais elevada que o rútilo e são maclados, com anisotropia forte. Contacto com um veio preenchido maioritariamente por quartzo recrystalizado. Observam-se, em menores quantidades, hematite (ou esfalerite), moscovite, turmalina, clorite, óxidos de ferro.

S11.66.97**Descrição Macroscópica:**

Contacto xisto-grauvaque entre dois veios de quartzo. Um dos veios é constituído essencialmente por quartzo, salbanda micácea nos bordos do veio, pirite/marcassite, scheelite e raros encraves do encaixante. O outro veio é composto por quartzo leitoso, pirite, marcassite, arsenopirite, sem salbanda micácea, carbonatos (amarelo freável). Veios milimétricos de quartzo no encaixante que aparentam estar boudinados.

Descrição Microscópica:

Mineralogia: quartzo, moscovite, sericite, pirite, turmalina, carbonatos, rútilo, cassiterite, feldspato, apatite

Tipos de alteração: cloritização das moscovites, turmalinização no encaixante, meteorização, oxidação tardia

Observações Lâmina 1: contacto veio/encaixante. No encaixante observam-se diversos veios de quartzo e uma matriz muito fina composta por quartzo, sericite, turmalina e grafite. Os veios de quartzo originaram-se por abertura polifásica de espaços. Nesses veios de quartzo por vezes ocorre pirite a preencher pequenas fraturas, um mineral cinzento (em luz refletida) que deverá ser rútilo e um mineral com relevo mais alto que o quartzo que poderá corresponder a um feldspato alterado ou apatite. Os veios de pirite encontram-se dobrados. Existem zonas de recristalização. Raros grãos de pirite disseminados no encaixante. O veio principal é composto essencialmente por quartzo e moscovite. O quartzo apresenta duas gerações, sendo que na primeira geração os grãos de quartzo encontram-se estirados, com bastantes inclusões fluidas e com extinção ondulante, o que evidencia deformação, enquanto na segunda geração os grãos são euédricos, de grandes dimensões. Os grãos de moscovite, de cor acastanhada (possivelmente devido ao enriquecimento em ferro) são de grandes dimensões e encontram-se cloritizados. O fluido do veio principal aproveitou fraturas do encaixante para precipitar. Ocorre rútilo disseminado no encaixante, em forma de laivos.

Observações Lâmina 2: contacto entre veio e encaixante. O encaixante é composto por uma matriz sericítica, com alguns veios de quartzo subgranulados e turmalinas. Veio de quartzo e moscovites cloritizadas de grandes dimensões e provavelmente enriquecidas em ferro devido à sua coloração castanha. Duas gerações de quartzo visíveis no veio, uma com grãos de grandes dimensões, euédricos e outra com grãos estirados, extinção ondulante e com deformação evidente.

Observações Lâmina 3: a lâmina representa o contacto entre xisto e dois veios de quartzo. O encaixante é composto por uma matriz sericítica muito fina, com fraturas preenchidas por quartzo, rara pirite e alguma turmalinização. No encaixante ocorre um veio que tem um mineral com clivagem que poderá corresponder a um feldspato muito alterado (o relevo está sobrelevado e tem pelo menos duas direções de clivagem). Observa-se também um cristal de pirite bastante meteorizado e frequentes laivos de rútilo. Num dos extremos da lâmina, o encaixante contacta com um veio composto por quartzo, um óxido (cassiterite) e rara pirite a preencher fraturas. Os grãos de cassiterite são anédricos, de grandes dimensões, acastanhados. Os grãos de quartzo ocorrem fracturados e são de grandes dimensões. No outro extremo da lâmina, o encaixante contacta com outro veio de quartzo. Neste veio ocorre, para além de quartzo (duas gerações), moscovite cloritizada, turmalina e óxidos de ferro. Verifica-se também um mineral que poderá ter sido scheelite mas que está completamente oxidado. Os dois fluidos dos veios aproveitaram para preencher fraturas do encaixante.

S11.70.40

**Descrição Macroscópica:**

Intercalação de xisto-grauvaque com alteração clorítica bem visível, raras pontuações de pirite. Amostra bastante meteorizada e de difícil caracterização.

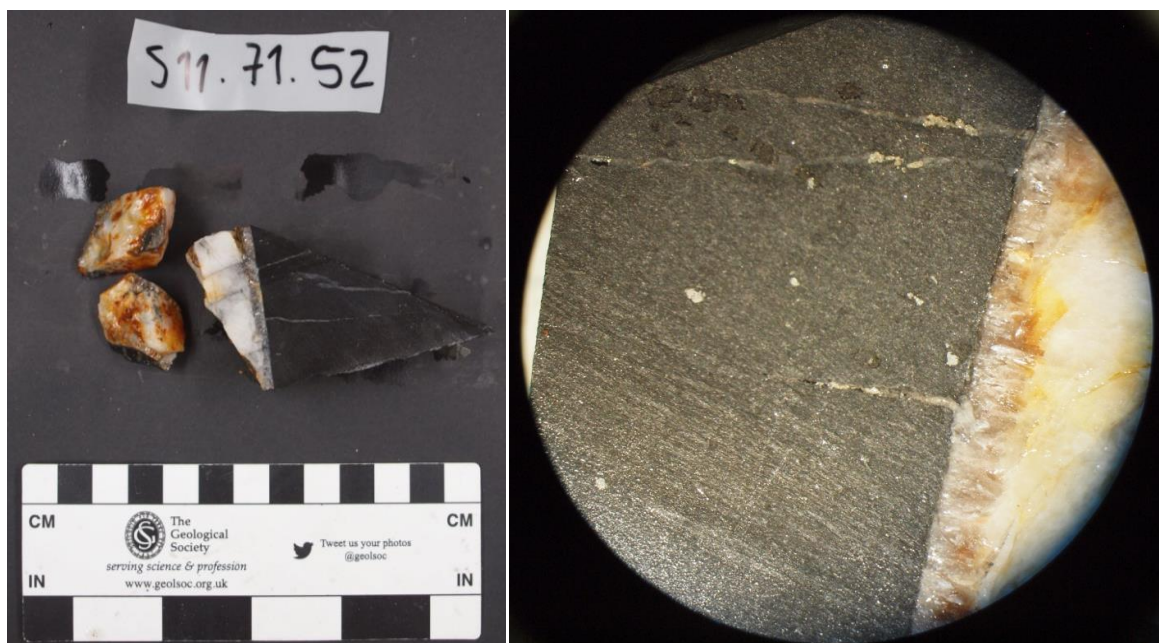
Descrição Microscópica:

Mineralogia: filossilicatos, quartzo, turmalina, pirite, marcassite, pirrotite, galena, esfalerite, calcopirite, rútilo/ilmenite, arsenopirite, cinábrio?, scheelite

Tipos de alteração: marcassitização da pirite, turmalinização, metassomatismo

Observações: xisto grauvacóide com bastantes clastos de quartzo no encaixante. A amostra é composta por uma matriz sericítica fina, com alguns grãos de filossilicatos de maiores dimensões que aparentam ser moscovites. O sulfureto principal é a pirite (não é isótropo, está a ser substituída por marcassite?) em grãos anédricos, bastante porosos e fraturados. Ocorrem duas gerações de pirite, uma marcassitizada e outra recrystalizada. Frequentemente ocorre galena subédrica zonada, com triângulos de arrancamento (isótropa) em intercrescimento com a pirite e calcopirite. Esfalerite zonada associada à pirite. Observam-se diversos minerais em forma de agulhas, uns cinzentos (com reflexões internas brancas) e outros mais rosados (isótipos) que correspondem ambos a rútilos. O rútilo cinzento ocorre a substituir o rútilo mais rosado. Rara arsenopirite. Presença de cinábrio (pontos vermelhos). Raros grãos de esfalerite e galena associados. O metassomatismo ocorre dos veios para o encaixante. A turmalinização está associada aos veios. Nos veios ocorre pirrotite e nos bordos ocorre pirite marcassitizada. Raros grãos de scheelite de dimensões muito pequenas associados à galena e pirite.

S11.71.52

**Descrição Macroscópica:**

Contacto entre encaixante de xisto negro e veio de quartzo rico em salbanda micácea. No encaixante ocorrem *boxworks* de pirite, sulfuretos disseminados (pirite, pirrotite) e em filonetes milimétricos de quartzo. Muita turmalina no encaixante.

Descrição Microscópica:

Mineralogia: turmalina, arsenopirite, pirite, quartzo, moscovite, biotite, rútilo, pirrotite, electrum?

Tipos de alteração: turmalinização intensa, moscovitização

Observações: a amostra corresponde a um turmalinito. A turmalina prevalece nos níveis com mais matéria orgânica, níveis mais pelíticos. No encaixante ocorrem poucos sulfuretos como arsenopirite e pirite, bastante meteorizados e anédricos. Algumas arsenopirites têm inclusões de um mineral cinzento e de pirrotite. O rútilo é raro de ocorrer. Observa-se uma direção preferencial dos grãos de turmalina no encaixante. A pirrotite é ligeiramente anterior à turmalinização e à arsenopirite pois ocorrem inclusões de pirrotite nas turmalinas e arsenopirites. Alguns minerais cinzentos que aparentam ser rútilo, têm reflexões internas esverdeadas que parecem mais ser leucoxena?. É bem visível a salbanda micácea a delimitar o contacto encaixante-veio. O veio é constituído fundamentalmente por filossilicatos de grandes dimensões que formam uma salbanda micácea e por grãos de quartzo de grandes dimensões também. Raramente, ocorrem “fitas” de pirite tardia a preencher microfraturas entre os grãos de quartzo. Observa-se que o fluido do veio aproveitou pequenas fraturas do encaixante para se infiltrar no mesmo.

S11.72.76

**Descrição Macroscópica:**

Xisto negro intersectado por um veio (~2mm) constituído por quartzo, scheelite associada à biotite (flogopite possivelmente), filossilicatos e com bordos não rectilíneos. Filonetes posteriores de diversas orientações preenchidos por filossilicatos (clorite, biotite, moscovite) associados aos sulfuretos (pirite, pirrotite?, esfalerite) e quartzo. Raros sulfuretos disseminados no xisto (pirite, esfalerite). Não se observa uma direcção preferencial da xistosidade.

Descrição Microscópica:

Mineralogia: quartzo, feldspato, sericite, moscovite, pirite, scheelite, esfalerite, rútilo, arsenopirite

Tipos de alteração: cloritização das moscovites, sericitização

Observações: xisto negro com uma matriz muito fina de filossilicatos. O xisto é intersectado por diversos veios. O veio de maiores dimensões (aparenta ser posterior uma vez que rejeita o veio de menores dimensões) é constituído essencialmente por quartzo, raro feldspato, moscovite corada de granularidade superior à do encaixante, e em menores proporções pirite, rútilo, scheelite e muito rara arsenopirite. A pirite ocorre geralmente a preencher fraturas milimétricas no quartzo. O fluido do veio maior aproveitou algumas fraturas mais pequenas do encaixante para depositar o mesmo material. O veio de menores dimensões (aparenta ser anterior) é composto essencialmente por moscovite e pirite porosa e anédrica. A pirite encontra-se bastante fragmentada. No encaixante ocorrem raramente grãos de pequenas dimensões de pirite e rútilo.

ANEXO 1

1.4 Resumo da Sondagem S1

Legenda:

Observado em amostra de mão e lâmina	Dúvida	+	Abundância: Raro	+++	Abundância: Frequente	E	Encaixante
Observado em amostra de mão	Lâmina analisada por MSE	++	Abundância: Mediano	n.a.	Não analisado	V	Veio

SONDAGEM 1	Sn (ppm)	W (ppm)	Au (ppm)	Bi (ppm)	Mineralogia Principal						Turm	Silicif	Sulfidização				
					Cass	Wlf	Sch	Elec	Apat	Rut			Aspy	Po	Py	Mct	Gln
S1.23.38	3638	238	0.2	419	E +		V +			E					+		
S1.23.90.L1	4425	6899	1.69	419		E +++								+	+		
S1.23.90.L2	4425	6899	1.69	419		E +								+	+		
S1.25.00	5709	476	n.a.	8.9	E +++					E				++++			
S1.36.80.L1	402	159	0.01	2.6			V ++			E			+		+++	++	
S1.36.80.L2	402	159	0.01	2.6			V ++		E +	E			+		+++	+	
S1.37.70.L1	228	79	2.75	0.6				E +	E +	E			++		++++	+	
S1.37.70.L2	228	79	2.75	0.6				E +		E			++		++++		
S1.65.20	110	40	n.a.	n.a.			V +		V +	E			+	+++	+		
S1.74.60	94	79	n.a.	n.a.					E +	E			+	+++	+++	++	
S1.76.55	173	79	n.a.	n.a.						E			++	+++	++	++	+
S1.76.70	173	79	n.a.	n.a.					V ++						+		
S1.76.75.L1	150	79	5.2	n.a.					V ++	E			+++	+	+		
S1.76.75.L2	150	79	5.2	n.a.	V +					E			+++	++	+	+	
S1.76.75.L3	150	79	5.2	n.a.	E +		E +			E			+++	+	+		
S1.76.95.L1	150	79	5.2	n.a.	E +					E			++	+	+		
S1.76.95.L2	150	79	5.2	n.a.			E +	E +		E			++	++	+		+
S1.77.10.L1	150	79	5.2	n.a.			E +			E			+++	+	+	+	
S1.77.10.L2	150	79	5.2	n.a.			E +			E			++	+	++++	++	
S1.77.24.L1	150	79	5.2	n.a.			E +			E			++	+	++++	+	
S1.77.24.L2	150	79	5.2	n.a.			E +			E			++	+	++	+	
S1.81.60	100	79	0.2	n.a.			V ++		E +	E			+++	+	++	+	+
S1.82.39.L1	100	79	0.2	n.a.					E +	E			+++	++	+		
S1.82.39.L2	100	79	0.2	n.a.	E +				E +	E			++	+	+		

ANEXO 1

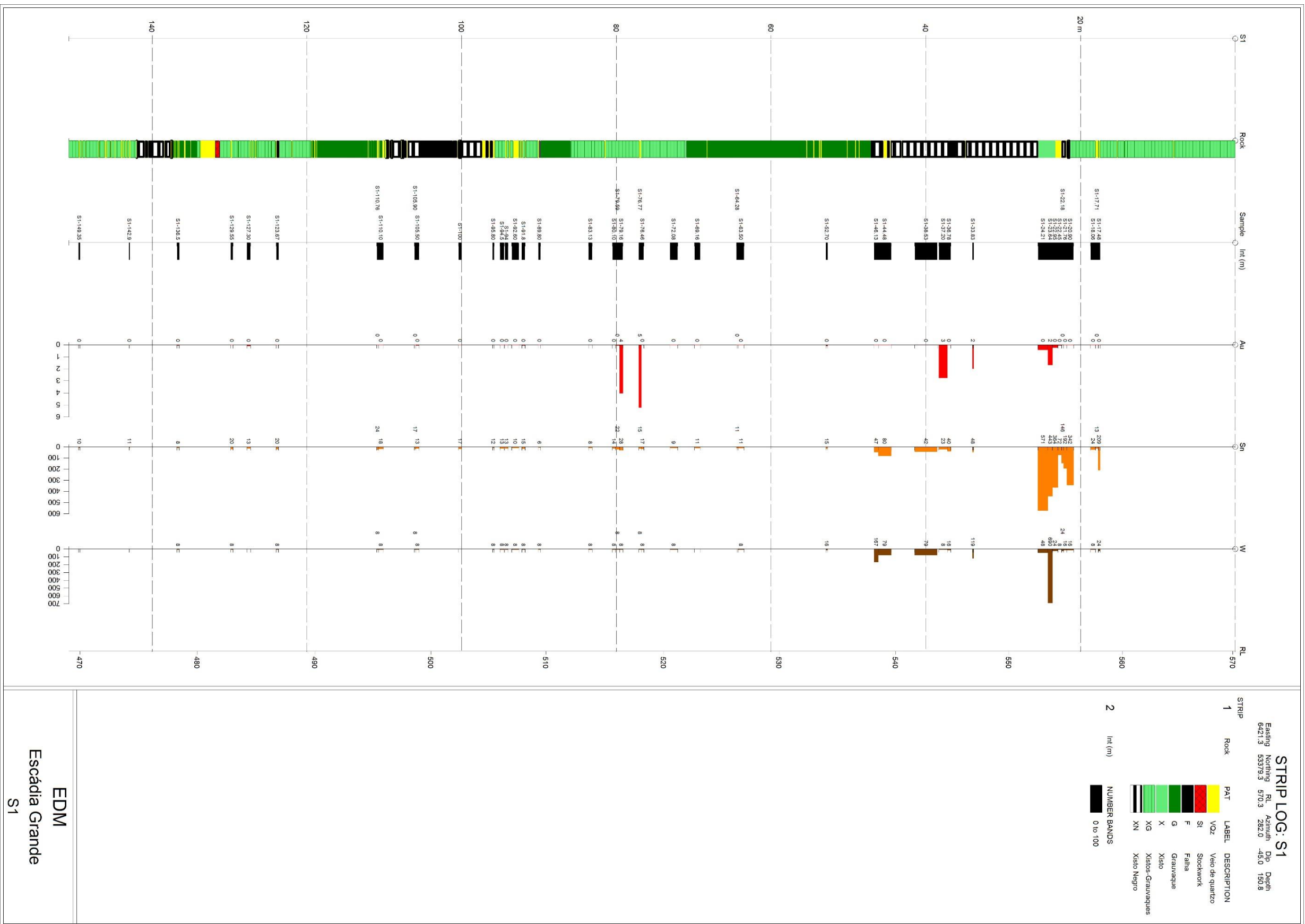
1.5 Resumo da Sondagem S8

SONDAGEM 8	Sn (ppm)	W (ppm)	Au (ppm)	Bi (ppm)	Mineralogia Principal							Clorit	Silicif	Sulfidização				
					Cass	Wlf	Sch	Elec	Apat	Rut	Grn			Aspy	Po	Py	Mct	Gln
S8.34.53.L1	21600	700	0.4	37.2	E ++					E								
S8.34.53.L2	21600	700	0.4	37.2	E ++					E								
S8.34.80	21600	700	0.4	37.2	E +++					E	V +++			+		+++		
S8.35.75	8300	200	0.2	15.85	E +++					E	V +++				+	+++		
S8.38.80.L1	3500	100	0.03	11.9	E ++		E +			E	V +++			+	+	+++	++	
S8.38.80.L2	3500	100	0.03	11.9	E ++		E +			E	V +++					++	+	
S8.44.15.L1	700	500	0.07	10.35			E/V			E					+	++	+	
S8.44.15.L2	700	500	0.07	10.35			E/V			E				+	+	+++	+	
S8.68.20	700	200	0.77	19.6			V ++			E				+	+	++		
S8.68.80.L1	700	200	0.77	19.6			E +			E					+	+	+	
S8.68.80.L2	700	200	0.77	19.6			E +		E +	E				++		++		+

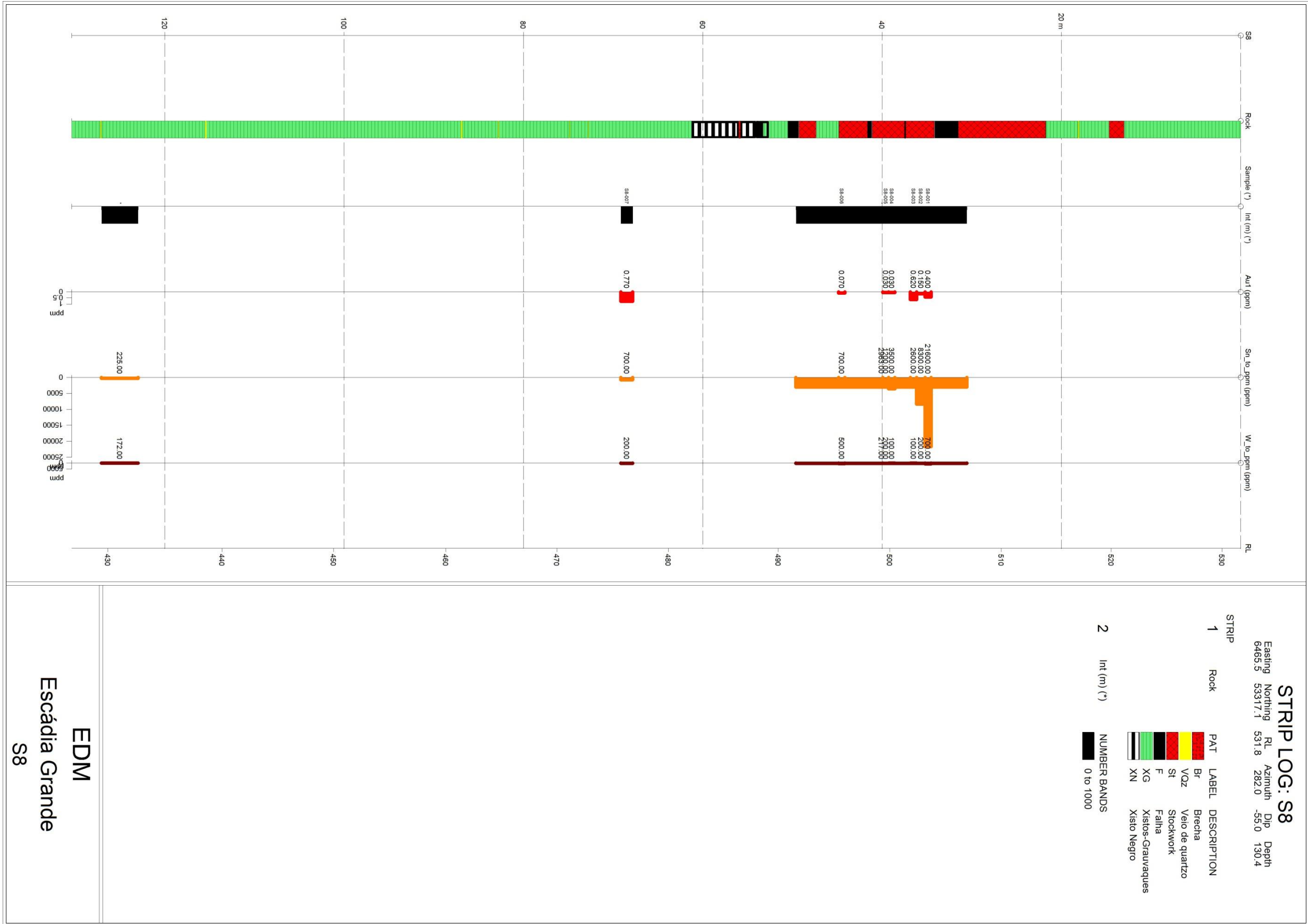
1.6 Resumo da Sondagem S11

SONDAGEM 11	Sn (ppm)	W (ppm)	Au (ppm)	Bi (ppm)	Mineralogia Principal						Turm	Clorit	Silicif	Sulfidização				
					Cass	Wlf	Sch	Elec	Apat	Rut				Aspy	Po	Py	Mct	Gln
S11.12.35.L1	100	1200	1.28	5.56				E +		E				+		+		
S11.12.35.L2	100	1200	1.28	5.56		E +				E				+		+	+	
S11.22.00.L1	6700	2400	0.05	30.1	E ++	E +				E						+		
S11.22.00.L2	6700	2400	0.05	30.1	E ++	E +				E						+		
S11.46.85.L1	50	3400	0.005	0.3			V +			E								
S11.46.85.L2	50	3400	0.005	0.3						E								
S11.66.97.L1	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.			V ++		V +	E						+		
S11.66.97.L2	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.			V ++											
S11.66.97.L3	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	V +		V ++			E						+		
S11.70.40	674	1137	n.a.	n.a.			E +			E				+	+++	+++	+	+
S11.71.52	674	1137	n.a.	n.a.						E				+	+	+		
S11.72.76	674	1137	n.a.	n.a.			V +			E				+		++		

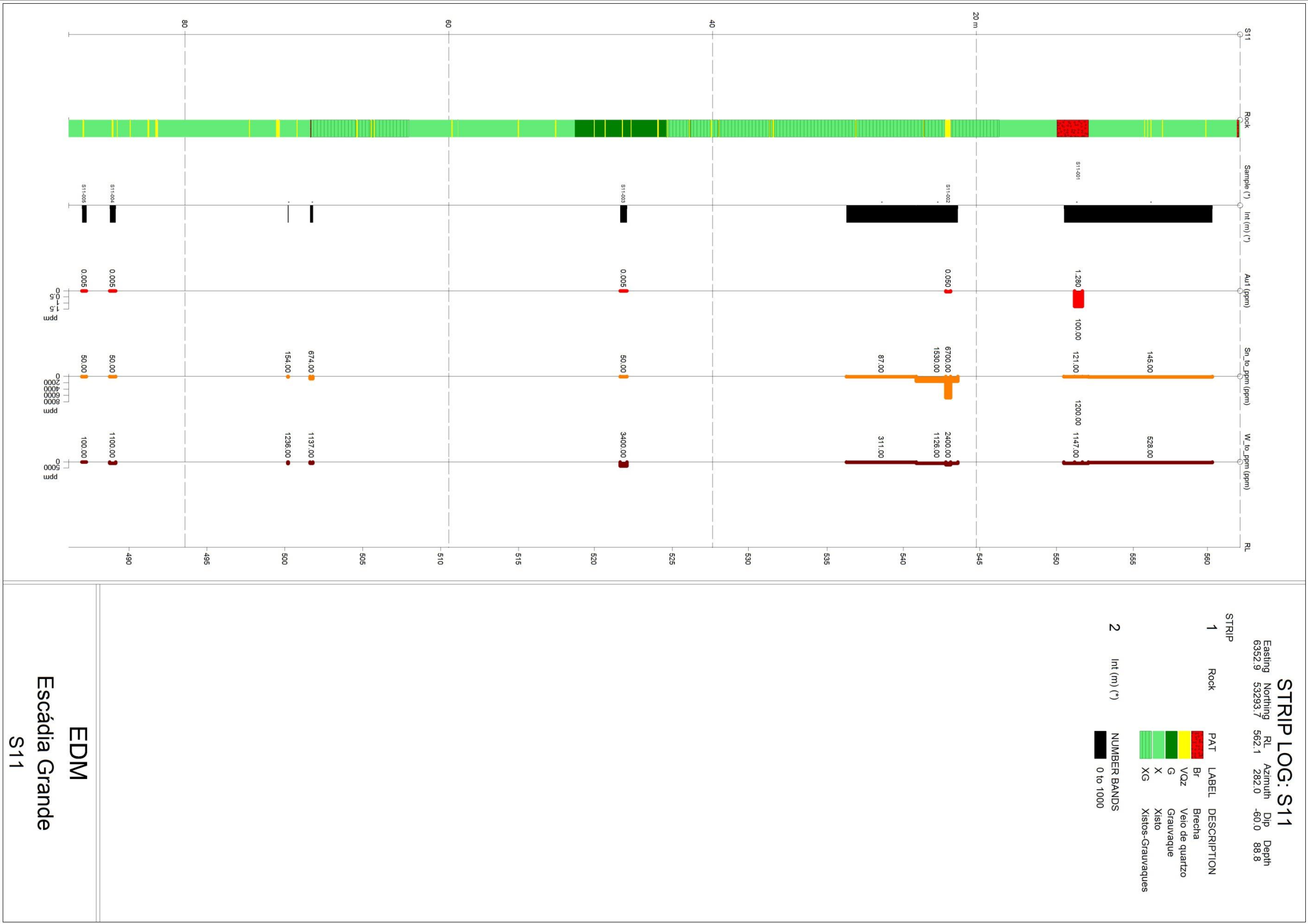
1.7 Log Sondagem S1 (EDM)



1.8 Log Sondagem S8 (EDM)



1.9 Log Sondagem S11 (EDM)



EDM

Escádia Grande

S11

ANEXO 2

2. ANEXO 2 - Química Mineral

2.1. Condições analíticas

Tabela 2.1- Condições analíticas e padrões elementares utilizados na microsonda electrónica para cada fase mineral. C.A.- cristais analisadores. Verificar as restantes condições no Cap. IV.4.

Tungstatos				Óxidos				Sulfuretos			
Elemento	Risca analítica	C.A. e detector	Padrão	Elemento	Risca analítica	C.A. e detector	Padrão	Elemento	Risca analítica	C.A. e detector	Padrão
P	Ka	PETJ	Apatite	P	Ka	PETJ	Apatite	Bi	Ma	PETJ	Bismuth Selenide
Na	Ka	TAP	Jadeite	Na	Ka	TAP	Jadeite	Ga	La	TAP	Metallic Ga
S	Ka	PETJ	Stibnite	S	Ka	PETJ	Stibnite	Pb	Ma	PETJ	Galena
Ba	La	LIFH	Benitoite	Ba	La	LIFH	Benitoite	Au	Ma	PETH	Au
Bi	Ma	PETJ	Bismuth Selenide	Bi	Ma	PETJ	Bismuth Selenide	Ag	La	PETJ	Ag
Mg	Ka	TAP	Periclase	Mg	Ka	TAP	Periclase	Ge	La	TAP	Metallic Ge
Pb	Ma	PETJ	Galena	Pb	Ma	PETJ	Galena	Cd	La	PETJ	Cd
V	Ka	LIFH	V	V	Ka	LIFH	V	Mo	La	PETH	Molybdenite
Ag	La	PETJ	Ag	Ag	La	PETJ	Ag	In	La	PETJ	Metallic In
As	La	TAP	Galium Arsenide	As	La	TAP	Galium Arsenide	As	La	TAP	Galium Arsenide
K	Ka	PETJ	Sanidine	K	Ka	PETJ	Sanidine	Sn	La	PETJ	Metallic Sn
Cr	Ka	LIFH	Chromium Oxide	Cr	Ka	LIFH	Chromium Oxide	S	Ka	PETH	Pyrite
Ca	Ka	PETJ	Diopside	Ca	Ka	PETJ	Diopside	Ni	Ka	LIF	Pentlandite
Al	Ka	TAP	Plagioclase	Al	Ka	TAP	Plagioclase	Se	La	TAP	Bismuth Selenide
Sn	La	PETJ	Cassiterite	Sn	La	PETJ	Cassiterite	Zn	Ka	LIF	Sphalerite
Fe	Ka	LIFH	Hematite	Fe	Ka	LIFH	Hematite	Fe	Ka	LIFH	Pyrite
Zn	Ka	LIF	Willemite	Zn	Ka	LIF	Willemite	Sb	La	PETJ	Stibnite
Si	Ka	TAP	Diopside	Si	Ka	TAP	Diopside	Mn	Ka	PETJ	Bustamite
Ti	Ka	PETJ	Rutile	Ti	Ka	PETJ	Rutile	Co	Ka	LIFH	Skutterudite
Ni	Ka	LIFH	Nickel Silicide	Ni	Ka	LIFH	Nickel Silicide	W	La	LIF	W
Ta	La	LIF	LiTaO3	Ta	La	LIF	LiTaO3	Te	La	PETJ	--
Zr	La	TAP	Zirconia	Zr	La	TAP	Zirconia	Cu	Ka	LIFH	Cuprite
Mn	Ka	PETJ	Rhodonite	Mn	Ka	PETJ	Rhodonite				
Cu	Ka	LIFH	Cuprite	Cu	Ka	LIFH	Cuprite				
Co	Ka	LIF	Skutterudite	Co	Ka	LIF	Skutterudite				
Nb	La	TAP	Metallic Nb	Nb	La	TAP	Metallic Nb				
W	La	LIF	Metallic W	W	La	LIF	Metallic W				
Au	Ma	PETH	Au	Sb	La	PETH	Stibnite				
Sr	La	PETJ	Celestite	Au	Ma	PETH	Au				
Mo	La	PETH	Molybdenite								

ANEXO 2

Apatite				Turmalina				Granadas			
Elemento	Risca analítica	C.A. e detector	Padrão	Elemento	Risca analítica	C.A. e detector	Padrão	Elemento	Risca analítica	C.A. e detector	Padrão
La	La	PETJ	Monazite	Mn	Ka	PETJ	Bustamite	Ca	Ka	PETJ	Bustamite
F	Ka	TAP	Apatite	F	Ka	TAP	Apatite	Mg	Ka	TAP	Pyrope
Sr	La	PETJ	Celestite	K	Ka	PETJ	Sanidine	Ti	Ka	PETJ	Rutile
P	Ka	PETH	Apatite	Si	Ka	PETJ	Diopside	Si	Ka	PETH	Almandine
Nd	La	PETJ	REE 6	Cr	Ka	PETJ	Chromium Oxide	Cr	Ka	PETJ	Chromium Oxide
Na	Ka	TAP	Jadeite	Na	Ka	TAP	Jadeite	Al	Ka	TAP	Pyrope
Ce	La	LIF	Monazite	Ca	Ka	PETJ	Diopside	Mn	Ka	PETJ	Bustamite
Ca	Ka	PETH	Apatite	Fe	Ka	LIFH	Almandine	Fe	Ka	LIFH	Almandine
Mn	Ka	PETJ	Bustamite	Ti	Ka	PETJ	Rutile				
Mg	Ka	TAP	Periclase	Mg	Ka	TAP	Olivine				
Cl	Ka	PETJ	Tugtupite	Zn	Ka	LIFH	Willemite				
Fe	Ka	LIFH	Almandine	Al	Ka	TAP	Sanidine				
Micas				Clorite							
Elemento	Risca analítica	C.A. e detector	Padrão	Elemento	Risca analítica	C.A. e detector	Padrão				
Ca	Ka	PETJ	Diopside	Ti	Ka	PETJ	Rutile				
F	Ka	TAP	Fluorite	F	Ka	TAP	Fluorite				
Si	Ka	PETJ	Olivine	Ca	Ka	PETJ	Bustamite				
Rb	La	PETH	Chlorite	Si	Ka	PETH	Pyrope				
Ti	Ka	PETJ	Rutile	Cr	Ka	PETJ	Chromium Oxide				
Na	Ka	TAP	Jadeite	Na	Ka	TAP	Jadeite				
Cl	Ka	PETJ	Tugtupite	Cs	La	PETJ	Pollucite				
K	Ka	PETH	Sanidine	K	Ka	PETH	Sanidine				
Cr	Ka	PETJ	Chromium Oxide	Mn	Ka	PETJ	Bustamite				
Mg	Ka	TAP	Chlorite	Mg	Ka	TAP	Chlorite				
Cs	La	PETJ	Pollucite	Zn	Ka	LIF	Sphalerite				
Ba	La	LIFH	Barite	Fe	Ka	LIFH	Almandine				
Mn	Ka	PETJ	Bustamite	Al	Ka	TAP	Chlorite				
Al	Ka	TAP	Almandine	Ni	Ka	LIF	Nickel Sulfide				
Ni	Ka	LIF	Nickel Silicide	Ba	La	LIFH	Benitonite				
Fe	Ka	LIFH	Kaersutite								

ANEXO 2

2.2. Limites de detecção

Tabela 2.2- Limites de detecção utilizados para cada mineral (apenas estão representados os valores aproximados da média).

Scheelite	ppm	Volframite	ppm	Cassiterite	ppm	Rútilo	ppm	Ilmenite	ppm	Pirrotite	ppm
P	291	P	292	P	396	P	270	P	258	Bi	794
Na	139	Na	128	Na	120	Na	106	Na	100	Ga	156
S	257	S	227	S	256	S	221	S	202	Pb	544
Ba	570	Ba	508	Ba	597	Ba	462	Ba	442	Au	258
Bi	686	Bi	609	Bi	689	Bi	586	Bi	568	Ag	247
Mg	134	Mg	110	Mg	100	Mg	88	Mg	81	Ge	138
Pb	515	Pb	477	Pb	526	Pb	456	Pb	407	Cd	259
V	264	V	224	V	233	V	191	V	178	Mo	176
Ag	313	Ag	287	Ag	323	Ag	261	Ag	243	In	295
As	457	As	387	As	375	As	330	As	308	As	224
K	156	K	170	K	271	K	141	K	121	Sn	275
Cr	286	Cr	245	Cr	256	Cr	198	Cr	182	S	56
Ca	196	Ca	173	Ca	214	Ca	154	Ca	141	Ni	352
Al	131	Al	115	Al	113	Al	98	Al	91	Se	164
Sn	442	Sn	412	Sn	480	Sn	342	Sn	323	Zn	594
Fe	281	Fe	237	Fe	259	Fe	193	Fe	178	Fe	185
Zn	933	Zn	794	Zn	864	Zn	635	Zn	578	Sb	300
Si	178	Si	156	Si	161	Si	138	Si	127	Mn	242
Ti	322	Ti	277	Ti	282	Ti	246	Ti	235	Co	172
Ni	378	Ni	309	Ni	342	Ni	253	Ni	232	W	862
Ta	1753	Ta	1452	Ta	1513	Ta	1177	Ta	1074	Te	283
Zr	357	Zr	304	Zr	347	Zr	272	Zr	252	Cu	272
Mn	378	Mn	333	Mn	347	Mn	268	Mn	248		
Cu	882	Cu	586	Cu	440	Cu	325	Cu	280		
Co	435	Co	373	Co	396	Co	302	Co	277		
Nb	375	Nb	332	Nb	373	Nb	302	Nb	277		
W	1724	W	1434	W	1523	W	1169	W	1062		
F	1287	F	1142	Sb	522	Sb	232	Sb	196		
Au	270	Au	250	Au	289	Au	241	Au	219		
Sr	1505	Sr	939								
Mo	255	Mo	225								

CdS	ppm	Galena	ppm	Electrum	ppm	Pirite	ppm	Esfalerite	ppm	Arsenopirite	ppm
Bi	706	Bi	3150	Bi	579	Bi	775	Bi	718	Bi	695
Ga	194	Ga	201	Ga	197	Ga	152	Ga	215	Ga	185
Pb	553	Pb	745	Pb	674	Pb	547	Pb	527	Pb	502
Au	296	Au	364	Au	355	Au	245	Au	246	Au	249
Ag	362	Ag	317	Ag	299	Ag	236	Ag	253	Ag	268
Ge	166	Ge	189	Ge	465	Ge	146	Ge	127	Ge	186
Cd	342	Cd	314	Cd	377	Cd	245	Cd	266	Cd	279
Mo	195	Mo	488	Mo	217	Mo	171	Mo	169	Mo	168
In	1504	In	348	In	452	In	270	In	324	In	301
As	279	As	334	As	307	As	232	As	214	As	322
Sn	440	Sn	332	Sn	332	Sn	250	Sn	275	Sn	288
S	64	S	86	S	67	S	53	S	54	S	53
Ni	457	Ni	522	Ni	513	Ni	328	Ni	362	Ni	378
Se	201	Se	246	Se	219	Se	163	Se	149	Se	308
Zn	785	Zn	909	Zn	924	Zn	556	Zn	641	Zn	649
Fe	220	Fe	251	Fe	254	Fe	170	Fe	183	Fe	196
Sb	760	Sb	369	Sb	379	Sb	281	Sb	313	Sb	318
Mn	308	Mn	347	Mn	356	Mn	234	Mn	254	Mn	267
Co	228	Co	260	Co	266	Co	166	Co	183	Co	191
W	1174	W	1333	W	1344	W	807	W	920	W	935
Te	472	Te	353	Te	359	Te	268	Te	291	Te	308
Cu	373	Cu	408	Cu	426	Cu	257	Cu	292	Cu	300

ANEXO 2

Biotite	ppm	Moscovite	ppm	Clorite	ppm	Apatite	ppm	Turmalina	ppm	Granada	ppm
Ca	118	Ca	117	Ti	193	La	338	Mn	213	Ca	128
F	644	F	639	F	703	F	781	F	740	Mg	102
Si	205	Si	220	Ca	119	SrO	580	K	99	Ti	204
Rb	342	Rb	376	Si	99	P	112	Si	92	Si	110
Ti	185	Ti	186	Cr	173	Nd	388	Cr	167	Cr	188
Na	96	Na	102	Na	99	Na	102	Na	105	Al	121
Cl	84	Cl	84	Cs	312	Ce	907	Ca	125	Mn	299
K	54	K	57	K	56	Ca	73	Fe	161	Fe	182
Cr	169	Cr	172	Mn	227	Mn	239	Ti	184		
Mg	96	Mg	99	Mg	95	Mg	84	Mg	91		
Cs	293	Cs	386	Zn	508	Cl	93	Zn	312		
Ba	282	Ba	312	Fe	168	Fe	181	Al	92		
Mn	220	Mn	218	Al	111						
Al	111	Al	119	Ni	333						
Ni	311	Ni	337	Ba	341						
Fe	173	Fe	178								
Sn	617	Sn	625								

2.3. Tabelas Química Mineral

As tabelas que se seguem representam os dados analíticos da MSE, correspondentes a cada mineral analisado. As tabelas apenas contêm os dados originais da ME (em wt%) e a conversão para a.p.f.u., depois de efectuados os devidos cálculos estequiométricos e os elementos que se encontram acima dos respectivos limites de detecção. A primeira linha de cada tabela indica a que lâmina correspondem as análises e a segunda linha indica quantas análises foram efectuadas na respectiva lâmina. Os elementos que se encontram abaixo do limite de detecção (L.D. indicado entre parêntesis e em ppm) não estão representados nas tabelas dos respectivos minerais e são os seguintes:

- i) scheelite- P (291), Mg (134), Ba (570), V (264), As (457), Al (131), Sn (442), Ti (322), Zn (933), Cu (882), Au (270), Sr (1505), F (1287) e Co (435);
- ii) wolframite- As (387), Cu (586), Sr (939), V (224), K (170), Cr (245), Ag (287), Ti (277), Co (373), F (1142);
- iii) cassiterite- P (396), Ba (597), K (271), Sb (522), Cu (440), Zr (347), Ni (342), As (375), Au (289) e Co (396);
- iv) rútilos- Sb (232), Co (302), Cu (325), Mn (268);
- v) ilmenite- P (258), Bi (568), Ag (243), As (308), Ta (1074), Ni (232), Cr (182), Cu (280), S (202), Au (219) e V (178);
- vi) electrum- Pb (674), Cd (377), Mo (217), In (452), Ge (465);
- vii) arsenopirite- Ge (186), Se (308), Bi (695), Ga (185) e Cu (300);
- viii) galena- Bi (3150), Au (364), Cd (314), Mo (488), In (348), As (334), Sn (332), Mn (347), W (1333), Cu (408), Co (260);
- ix) sulfureto de cádmio- Ga (194), Ge (166), Ag (362), In (1504), Sn (440), Ni (457), Se (201), Sb (760), Co (228) e Te (472);
- x) estanita- Bi (696), Ga (156), Pb (541), Ge (127), Cd (309), As (232), Sb (430), Mn (269) e W (1225).

ANEXO 2

2.3.1. Scheelite

Análises		S1.81.60_1					S8.44.15.L2_1										S8.44.15.L2_2								
Óxidos %	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
WO3	79.73	80.40	80.64	80.64	80.50	79.92	79.11	79.86	80.27	79.94	80.52	80.11	79.55	80.13	78.41	79.55	79.01	79.60	78.13	80.07	80.19	78.74	78.60		
CaO	20.11	20.20	20.06	20.01	20.22	20.33	20.26	20.47	20.09	20.09	20.30	20.33	20.07	20.15	20.31	20.28	20.42	20.25	20.51	20.22	20.21	20.38	20.15		
FeO	0.02	0.00	0.00	0.03	0.00	0.03	0.03	0.00	0.00	0.00	0.01	0.04	0.03	0.02	0.00	0.05	0.05	0.01	0.03	0.05	0.06	0.04	0.06		
MnO	0.03	0.00	0.00	0.02	0.03	0.00	0.00	0.00	0.03	0.01	0.00	0.03	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.07	0.00	0.01	0.00	0.05		
Nb2O5	0.17	0.10	0.13	0.05	0.06	0.08	0.08	0.07	0.06	0.19	0.05	0.21	0.12	0.10	0.19	0.03	0.13	0.12	0.08	0.17	0.13	0.20	0.18		
Ta2O5	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.38	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.00	0.03	0.00	0.14	0.01		
MoO3	0.02	0.00	0.02	0.06	0.00	0.03	0.03	0.04	0.05	0.10	0.06	0.05	0.05	0.03	0.00	0.00	0.06	0.00	0.01	0.05	0.01	0.01	0.00		
ZrO2	0.41	0.47	0.41	0.40	0.52	0.42	0.07	0.00	0.00	0.00	0.05	0.00	0.08	0.02	0.29	0.35	0.27	0.37	0.38	0.33	0.29	0.36	0.43		
SO3	0.02	0.06	0.07	0.10	0.09	0.10	0.05	0.11	0.09	0.02	0.13	0.03	0.07	0.03	0.06	0.03	0.08	0.09	0.08	0.06	0.06	0.07	0.10		
Bi2O3	0.00	0.10	0.00	0.13	0.04	0.06	0.04	0.03	0.07	0.06	0.03	0.10	0.00	0.02	0.00	0.03	0.02	0.08	0.01	0.09	0.00	0.00	0.00		
PbO	0.00	0.00	0.00	0.07	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.04	0.04	0.08	0.05	0.06	0.00	0.00	0.05		
Ag2O	0.02	0.04	0.03	0.00	0.00	0.02	0.00	0.10	0.00	0.01	0.00	0.00	0.02	0.05	0.00	0.05	0.06	0.00	0.00	0.05	0.03	0.00	0.02		
SiO2	0.00	0.01	0.03	0.00	0.01	0.03	0.04	0.03	0.02	0.04	0.02	0.00	0.03	0.04	0.03	0.02	0.03	0.03	0.04	0.01	0.03	0.03	0.02		
NiO	0.00	0.01	0.00	0.05	0.00	0.02	0.00	0.00	0.08	0.04	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.04	0.00	0.04	0.00	0.08	0.00	0.00	0.00		
Total	100.51	101.40	101.40	101.56	101.53	101.03	99.80	100.71	100.74	100.58	101.55	100.92	100.01	100.58	99.28	100.47	100.18	100.71	99.38	101.27	101.01	99.96	99.66		
a.p.f.u. (cálculos com base em 4 oxigénios)																									
W	0.981	0.981	0.984	0.983	0.980	0.977	0.980	0.980	0.986	0.984	0.980	0.982	0.983	0.986	0.974	0.980	0.974	0.977	0.970	0.979	0.982	0.972	0.974		
Ca	1.023	1.019	1.012	1.009	1.018	1.027	1.037	1.038	1.020	1.022	1.022	1.031	1.026	1.025	1.043	1.032	1.040	1.028	1.052	1.021	1.023	1.040	1.032		
Fe	0.001	0.000	0.000	0.001	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.001	0.002	0.001	0.001	0.000	0.002	0.002	0.000	0.001	0.002	0.002	0.002	0.002		
Mn	0.001	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.003	0.000	0.000	0.000	0.002		
Nb	0.004	0.002	0.003	0.001	0.001	0.002	0.002	0.002	0.001	0.004	0.001	0.005	0.002	0.002	0.004	0.001	0.003	0.003	0.002	0.004	0.003	0.004	0.004		
Ta	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.005	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.002	0.000		
Mo	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.001	0.001	0.001	0.001	0.002	0.001	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000		
Zr	0.009	0.011	0.009	0.009	0.012	0.010	0.002	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.002	0.000	0.007	0.008	0.006	0.009	0.009	0.007	0.007	0.008	0.010		
S	0.001	0.002	0.002	0.004	0.003	0.004	0.002	0.004	0.003	0.001	0.005	0.001	0.002	0.001	0.002	0.001	0.003	0.003	0.003	0.002	0.002	0.003	0.003		
Bi	0.000	0.001	0.000	0.002	0.000	0.001	0.001	0.000	0.001	0.001	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000		
Pb	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.000	0.000	0.001		
Ag	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000		
Si	0.000	0.001	0.002	0.000	0.001	0.002	0.002	0.001	0.001	0.002	0.001	0.000	0.001	0.002	0.002	0.001	0.001	0.001	0.002	0.000	0.001	0.002	0.001		
Ni	0.000	0.000	0.000	0.002	0.000	0.001	0.000	0.000	0.003	0.002	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.001	0.000	0.001	0.000	0.003	0.000	0.000	0.000		
Posição W	0.995	0.994	0.996	0.994	0.994	0.989	0.985	0.982	0.988	0.990	0.989	0.988	0.989	0.989	0.985	0.988	0.984	0.989	0.980	0.991	0.991	0.986	0.987		
Posição Ca	1.025	1.019	1.012	1.010	1.019	1.028	1.039	1.038	1.021	1.022	1.022	1.034	1.027	1.026	1.043	1.035	1.042	1.028	1.056	1.023	1.026	1.041	1.036		

ANEXO 2

2.3.2. Volframite

Análises		S11.22.00_2							S1.23.90.L1_1							S1.23.90.L1_2					
Óxidos %	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	
WO3	75.36	73.72	74.68	74.84	74.03	74.73	73.08	75.20	75.20	74.98	75.85	75.04	76.43	76.18	74.81	75.80	75.01	74.90	75.21	74.57	
FeO	23.54	22.30	23.78	23.42	23.22	23.37	23.89	18.15	18.09	18.07	17.54	18.65	18.51	18.48	17.76	18.19	18.09	18.53	18.43	18.46	
MnO	0.72	3.05	0.51	1.17	1.40	1.09	0.85	5.84	6.02	5.92	6.58	5.37	5.65	4.93	6.33	5.82	5.68	5.45	5.38	5.76	
Nb2O5	0.25	0.14	0.19	0.15	0.33	0.28	0.17	0.29	0.22	0.27	0.28	0.24	0.20	0.17	0.26	0.20	0.18	0.18	0.30	0.27	
ZrO2	0.45	0.02	0.04	0.04	0.14	0.09	0.08	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Ta2O5	0.04	0.00	0.16	0.02	0.12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.19	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.02	0.00	0.01	
MgO	0.00	0.05	0.00	0.00	0.03	0.03	0.00	0.10	0.09	0.08	0.04	0.09	0.10	0.11	0.08	0.09	0.04	0.10	0.13	0.11	
SnO2	0.02	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.04	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.06	0.02	0.00	0.00	0.02	0.07	0.00	0.00	
P2O5	0.06	0.01	0.01	0.00	0.03	0.05	0.04	0.05	0.10	0.09	0.00	0.00	0.01	0.00	0.10	0.01	0.00	0.00	0.11	0.10	
Na2O	0.01	0.01	0.04	0.00	0.02	0.02	0.01	0.03	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.02	0.00	0.02	0.00	0.01	
SO3	0.06	0.05	0.07	0.09	0.05	0.04	0.00	0.07	0.10	0.02	0.06	0.05	0.09	0.06	0.05	0.09	0.07	0.05	0.02	0.07	
BaO	0.05	0.02	0.00	0.00	0.00	0.10	0.06	0.11	0.02	0.03	0.05	0.02	0.09	0.08	0.04	0.10	0.09	0.05	0.02	0.08	
Bi2O3	0.07	0.04	0.04	0.00	0.02	0.02	0.07	0.10	0.00	0.11	0.16	0.00	0.00	0.16	0.10	0.00	0.08	0.11	0.00	0.00	
PbO	0.11	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.08	0.04	0.00	0.00	0.13	0.00	0.02	0.04	
CaO	0.02	0.00	0.02	0.03	0.01	0.00	0.03	0.02	0.04	0.01	0.02	0.01	0.03	0.47	0.02	0.04	0.02	0.03	0.04	0.02	
Al2O3	0.06	0.02	0.13	0.03	0.02	0.04	0.02	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	
ZnO	0.18	0.00	0.00	0.08	0.07	0.00	0.03	0.16	0.12	0.00	0.00	0.11	0.14	0.02	0.02	0.10	0.16	0.09	0.20	0.09	
NiO	0.00	0.02	0.06	0.00	0.03	0.01	0.07	0.06	0.00	0.04	0.04	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.05	0.00	0.02	
Au2O	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
MoO3	n.a.	0.01	0.00	0.02	0.00	0.00	0.02	0.00	0.02	0.04	0.00	0.00	0.13	0.02	0.03	0.04	0.03	0.01	0.00	0.00	
Total	101.05	99.53	99.75	99.92	99.51	99.91	98.59	100.18	100.06	99.76	100.65	99.81	101.52	100.76	99.64	100.50	99.66	99.66	99.87	99.62	
a.p.f.u. (cálculos com base em 4 oxigénios)																					
W	0.972	0.967	0.976	0.977	0.970	0.976	0.968	0.979	0.977	0.980	0.984	0.981	0.982	0.986	0.978	0.984	0.984	0.981	0.981	0.975	
Fe	0.980	0.944	1.003	0.987	0.982	0.984	1.021	0.762	0.759	0.762	0.734	0.787	0.767	0.772	0.749	0.762	0.765	0.784	0.776	0.779	
Mn	0.030	0.130	0.022	0.050	0.060	0.047	0.037	0.249	0.256	0.253	0.279	0.229	0.237	0.209	0.271	0.247	0.243	0.234	0.229	0.246	
Nb	0.006	0.003	0.004	0.003	0.008	0.006	0.004	0.007	0.005	0.006	0.006	0.005	0.005	0.004	0.006	0.004	0.004	0.004	0.007	0.006	
Zr	0.011	0.000	0.001	0.001	0.004	0.002	0.002	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
Ta	0.001	0.000	0.002	0.000	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
Mg	0.000	0.004	0.000	0.000	0.002	0.003	0.000	0.008	0.007	0.006	0.003	0.007	0.007	0.008	0.006	0.007	0.003	0.007	0.010	0.008	
Sn	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	
P	0.002	0.000	0.000	0.000	0.001	0.002	0.002	0.002	0.004	0.004	0.000	0.000	0.000	0.000	0.004	0.000	0.000	0.000	0.005	0.004	
Na	0.001	0.001	0.004	0.000	0.002	0.002	0.001	0.003	0.000	0.001	0.000	0.001	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000	0.002	0.000	0.001	
S	0.002	0.002	0.003	0.003	0.002	0.002	0.000	0.002	0.004	0.001	0.002	0.002	0.003	0.002	0.002	0.003	0.003	0.002	0.001	0.003	
Ba	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.001	0.002	0.000	0.001	0.001	0.000	0.002	0.002	0.001	0.002	0.002	0.001	0.000	0.002	
Bi	0.001	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000	0.001	0.002	0.000	0.000	0.002	0.001	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000	
Pb	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000	0.002	0.000	0.000	0.001	
Ca	0.001	0.000	0.001	0.002	0.001	0.000	0.002	0.001	0.002	0.001	0.001	0.001	0.002	0.025	0.001	0.002	0.001	0.002	0.002	0.001	
Al	0.004	0.001	0.008	0.002	0.001	0.002	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	
Zn	0.007	0.000	0.000	0.003	0.003	0.000	0.001	0.006	0.004	0.000	0.000	0.004	0.005	0.001	0.001	0.004	0.006	0.003	0.008	0.003	
Ni	0.000	0.001	0.002	0.000	0.001	0.000	0.003	0.002	0.000	0.002	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.002	0.000	0.001	
Au	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
Mo	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000	0.003	0.000	0.001	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	
Posição Fe	1.011	1.078	1.025	1.037	1.043	1.034	1.058	1.018	1.021	1.021	1.015	1.023	1.012	0.989	1.026	1.015	1.012	1.025	1.015	1.033	
Posição W	0.990	0.970	0.983	0.982	0.983	0.984	0.974	0.985	0.982	0.987	0.990	0.989	0.987	0.990	0.985	0.988	0.988	0.986	0.988	0.981	

ANEXO 2

Análises	S1.23.90.L1_3									S11.22.00_1				S11.22.00_3						
Oxidos %	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	4	2	3	4	5	6	7	
WO3	75.50	75.09	75.30	75.46	75.44	76.24	75.85	75.73	75.57	74.68	74.69	74.72	74.43	74.38	74.30	74.67	74.77	74.92	74.21	
FeO	17.07	17.66	18.77	19.34	18.52	16.82	17.93	18.29	17.96	18.13	18.40	18.21	18.20	18.69	18.53	23.62	22.97	20.02	23.85	
MnO	6.92	6.03	5.02	4.51	5.29	7.03	6.05	5.39	6.05	6.10	6.02	5.78	6.07	5.75	5.67	0.65	1.28	4.08	0.78	
Nb2O5	0.13	0.24	0.17	0.20	0.24	0.13	0.33	0.26	0.22	0.21	0.15	0.24	0.24	0.23	0.18	0.19	0.17	0.18	0.19	
ZrO2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.04	0.43	0.02	0.00	0.16	0.01	0.00	0.06	0.11	0.07	0.07	
Ta2O5	0.09	0.12	0.00	0.00	0.55	0.00	0.00	0.00	0.03	0.11	0.00	0.00	0.01	0.12	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	
MgO	0.15	0.11	0.10	0.14	0.15	0.17	0.10	0.10	0.11	0.07	0.12	0.13	0.13	0.15	0.18	0.00	0.08	0.11	0.00	
SnO2	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.09	0.00	0.00	0.02	0.05	0.00	0.00	0.07	0.01	0.00	0.00	
P2O5	0.05	0.02	0.06	0.06	0.03	0.06	0.00	0.07	0.03	0.07	0.05	0.08	0.02	0.03	0.06	0.06	0.08	0.04	0.03	
Na2O	0.00	0.02	0.03	0.00	0.01	0.00	0.03	0.04	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00	0.01	
SO3	0.04	0.07	0.09	0.00	0.12	0.07	0.04	0.05	0.05	0.13	0.11	0.05	0.08	0.04	0.05	0.05	0.08	0.06	0.13	
BaO	0.08	0.00	0.10	0.05	0.11	0.00	0.07	0.06	0.00	0.05	0.04	0.12	0.00	0.00	0.07	0.00	0.05	0.04	0.05	
Bi2O3	0.00	0.00	0.00	0.04	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.05	0.00	0.00	0.12	0.00	
PbO	0.00	0.00	0.00	0.04	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.06	0.08	0.03	0.02	0.03	0.18	0.08	0.00	0.10	0.02	
CaO	0.04	0.02	0.00	0.00	0.00	0.03	0.02	0.02	0.05	0.03	0.02	0.02	0.03	0.08	0.03	0.02	0.00	0.05	0.05	
Al2O3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.09	0.01	0.00	0.13	
ZnO	0.01	0.00	0.00	0.09	0.05	0.12	0.01	0.06	0.02	0.03	0.14	0.01	0.00	0.04	0.14	0.00	0.25	0.09	0.00	
NiO	0.01	0.05	0.08	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.00	0.06	0.00	0.00	
Au2O	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.06	0.00	
MoO3	0.00	0.07	0.01	0.06	0.05	0.06	0.03	0.01	0.07	n.a.	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.05	0.00	
Total	100.09	99.53	99.76	99.99	100.63	100.73	100.48	100.10	100.29	100.25	99.88	99.46	99.54	99.70	99.58	99.63	99.95	100.01	99.53	
a.p.f.u. (cálculos com base em 4 oxigénios)																				
W	0.984	0.983	0.984	0.985	0.978	0.986	0.985	0.986	0.982	0.970	0.974	0.979	0.973	0.972	0.973	0.976	0.975	0.978	0.970	
Fe	0.718	0.746	0.792	0.815	0.774	0.702	0.751	0.768	0.753	0.760	0.774	0.770	0.768	0.788	0.783	0.997	0.966	0.843	1.006	
Mn	0.295	0.258	0.214	0.192	0.224	0.297	0.257	0.229	0.257	0.259	0.256	0.247	0.260	0.245	0.243	0.028	0.054	0.174	0.033	
Nb	0.003	0.005	0.004	0.004	0.005	0.003	0.007	0.006	0.005	0.005	0.004	0.005	0.005	0.005	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	
Zr	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.011	0.001	0.000	0.004	0.000	0.000	0.002	0.003	0.002	0.002	
Ta	0.001	0.002	0.000	0.000	0.007	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.002	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	
Mg	0.011	0.008	0.007	0.010	0.011	0.013	0.007	0.007	0.008	0.005	0.009	0.010	0.010	0.012	0.014	0.000	0.006	0.008	0.000	
Sn	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	
P	0.002	0.001	0.002	0.003	0.001	0.002	0.000	0.003	0.001	0.003	0.002	0.004	0.001	0.001	0.003	0.003	0.004	0.002	0.001	
Na	0.000	0.002	0.003	0.000	0.001	0.000	0.003	0.004	0.000	0.000	0.002	0.000	0.000	0.000	0.004	0.000	0.000	0.000	0.001	
S	0.001	0.003	0.003	0.000	0.004	0.003	0.001	0.002	0.002	0.005	0.004	0.002	0.003	0.002	0.002	0.002	0.003	0.002	0.005	
Ba	0.002	0.000	0.002	0.001	0.002	0.000	0.001	0.001	0.000	0.001	0.001	0.002	0.000	0.000	0.001	0.000	0.001	0.001	0.001	
Bi	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000	0.002	0.000	
Pb	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.002	0.001	0.000	0.001	0.000	
Ca	0.002	0.001	0.000	0.000	0.000	0.002	0.001	0.001	0.002	0.002	0.001	0.001	0.002	0.004	0.001	0.001	0.000	0.003	0.002	
Al	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.005	0.001	0.000	0.007	
Zn	0.000	0.000	0.000	0.003	0.002	0.004	0.000	0.002	0.001	0.001	0.005	0.000	0.000	0.001	0.005	0.000	0.009	0.003	0.000	
Ni	0.000	0.002	0.003	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.000	0.003	0.000	0.000	
Au	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	
Mo	0.000	0.001	0.000	0.001	0.001	0.001	0.001	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	
Posição Fe	1.024	1.012	1.013	1.017	1.009	1.012	1.015	1.005	1.018	1.024	1.040	1.027	1.038	1.045	1.040	1.025	1.027	1.025	1.039	
Posição W	0.988	0.990	0.988	0.989	0.990	0.989	0.993	0.992	0.988	0.987	0.978	0.984	0.983	0.979	0.978	0.982	0.981	0.984	0.976	

ANEXO 2

2.3.3. Cassiterite

Amostra	S1.25.00_4						S8.34.80_5					S8.35.75_5						S11.22.00.L1_1					
Óxidos %	2	4	5	6	7	9	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	6	1	2	3	6	7	9
SnO2	98.26	99.27	99.08	99.84	98.66	97.61	101.12	100.52	99.97	101.33	101.33	100.80	100.82	101.54	101.10	100.21	100.56	100.91	101.60	100.61	100.68	100.75	99.13
TiO2	0.15	0.00	0.16	0.00	0.08	0.54	0.08	0.21	0.09	0.07	0.08	0.07	0.20	0.09	0.15	0.18	0.51	0.40	0.09	0.43	0.47	0.44	0.31
FeO	0.00	0.03	0.24	0.04	0.03	0.04	0.05	0.00	0.02	0.05	0.03	0.03	0.08	0.00	0.06	0.14	0.09	0.00	0.07	0.00	0.06	0.06	0.00
Ta2O5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.21	0.17	0.00	0.00	0.09	0.00	0.23	0.04	0.21	0.00	0.00	0.12	0.13	0.00	0.21	0.00	0.00
WO3	0.20	0.00	0.00	0.05	0.44	0.02	0.23	0.00	0.18	0.00	0.00	0.00	0.28	0.00	0.16	0.00	0.18	0.27	0.02	0.04	0.00	0.00	0.00
ZnO	0.09	0.01	0.00	0.00	0.02	0.08	0.00	0.01	0.06	0.04	0.03	0.00	0.05	0.00	0.00	0.00	0.05	0.00	0.00	0.04	0.00	0.07	0.05
Nb2O5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.00	0.11	0.15	0.03	0.00
MnO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.06	0.01	0.03	0.03	0.01	0.03	0.00	0.00	0.05	0.07	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00
Na2O	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.04	0.00	0.00	0.03	0.00	0.01	0.01	0.00	0.03	0.00
SO3	0.02	0.02	0.01	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.03	0.00	0.02	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00
Bi2O3	0.12	0.02	0.00	0.00	0.06	0.02	0.12	0.00	0.01	0.01	0.00	0.04	0.00	0.00	0.07	0.07	0.02	0.03	0.00	0.09	0.02	0.08	0.01
MgO	0.03	0.02	0.03	0.04	0.01	0.16	0.01	0.03	0.01	0.00	0.00	0.04	0.02	0.01	0.01	0.10	0.02	0.00	0.03	0.03	0.00	0.01	0.02
PbO	0.04	0.00	0.01	0.07	0.00	0.01	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.05	0.00	0.01	0.02	0.01	0.00	0.03	0.00	0.12
V2O3	0.05	0.04	0.15	0.05	0.03	0.13	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.02	0.02	0.02	0.00	0.01	0.06	0.01	0.00	0.00	0.02	0.06	0.00
Ag2O	0.02	0.00	0.03	0.00	0.01	0.00	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.04	0.00	0.00	0.01	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00
Cr2O3	0.00	0.02	0.05	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.03	0.03	0.01	0.01	0.00	0.04	0.01	0.00
CaO	0.02	0.06	0.04	0.07	0.09	0.06	0.06	0.02	0.01	0.03	0.00	0.03	0.00	0.03	0.04	0.13	0.02	0.01	0.07	0.05	0.10	0.07	0.00
Al2O3	0.00	0.00	0.00	0.02	0.01	0.04	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.01	0.01	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00
SiO2	0.30	0.01	0.02	0.04	0.03	0.99	0.02	0.03	0.00	0.03	0.03	0.01	0.08	0.01	0.04	0.41	0.04	0.03	0.04	0.00	0.03	0.03	0.03
Total	99.39	99.61	99.90	100.28	99.59	99.75	101.95	101.06	100.53	101.63	101.68	101.17	101.91	101.87	102.05	101.35	101.72	101.96	102.12	101.46	101.83	101.68	99.68
a.p.f.u. (cálculos com base em 2 oxigénios)																							
Sn	0.984	0.996	0.989	0.995	0.989	0.957	0.992	0.992	0.995	0.996	0.996	0.996	0.987	0.995	0.990	0.980	0.983	0.987	0.993	0.988	0.984	0.986	0.992
Ti	0.003	0.000	0.003	0.000	0.002	0.010	0.002	0.004	0.002	0.001	0.002	0.001	0.004	0.002	0.003	0.003	0.009	0.007	0.002	0.008	0.009	0.008	0.006
Fe	0.000	0.001	0.005	0.001	0.001	0.001	0.001	0.000	0.000	0.001	0.001	0.001	0.002	0.000	0.001	0.003	0.002	0.000	0.001	0.000	0.001	0.001	0.000
Ta	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000	0.001	0.000	0.002	0.000	0.001	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000	0.001	0.000	0.000
W	0.001	0.000	0.000	0.000	0.003	0.000	0.001	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.002	0.000	0.001	0.000	0.001	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Zn	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.001	0.001	0.001	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.001	0.000	0.001	0.001
Nb	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.001	0.002	0.000	0.000
Mn	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.001	0.001	0.000	0.001	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000
Na	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.002	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.001	0.000	0.001	0.000
S	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Bi	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.001	0.000
Mg	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.006	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.002	0.001	0.000	0.000	0.004	0.001	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000	0.001
Pb	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001
V	0.001	0.001	0.003	0.001	0.001	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000
Ag	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Cr	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000
Ca	0.001	0.002	0.001	0.002	0.002	0.002	0.002	0.001	0.000	0.001	0.000	0.001	0.000	0.001	0.001	0.003	0.001	0.000	0.002	0.001	0.003	0.002	0.000
Al	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Si	0.008	0.000	0.001	0.001	0.001	0.024	0.000	0.001	0.000	0.001	0.001	0.000	0.002	0.000	0.001	0.010	0.001	0.001	0.001	0.000	0.001	0.001	0.001
Posição Sn	0.987	0.997	0.998	0.996	0.992	0.969	0.996	0.998	0.998	0.999	1.000	0.998	0.994	0.998	0.997	0.986	0.995	0.996	0.998	0.997	0.997	0.996	0.998

ANEXO 2

Amostra	S8.35.75_1						S8.35.75_4					S11.22.00.L1_3						S8.35.75_2					
Óxidos %	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5
SnO2	101.69	100.99	100.88	101.63	98.20	97.82	100.42	100.99	99.79	98.44	99.68	99.68	99.14	100.10	99.57	99.12	99.03	98.49	101.06	101.78	101.35	101.21	101.13
TiO2	0.19	0.43	0.07	0.03	0.10	0.17	0.25	0.17	0.17	1.69	0.33	0.42	0.22	0.46	0.34	0.32	0.32	0.86	0.06	0.04	0.11	0.08	0.20
FeO	0.10	0.10	0.23	0.09	0.17	0.19	0.08	0.04	0.00	0.18	0.54	0.11	0.03	0.04	0.11	0.02	0.07	0.05	0.02	0.04	0.03	0.04	0.07
Ta2O5	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.10	0.16	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.23	0.28	0.04	0.06	0.01	0.00	0.00	0.05	0.00	0.06	0.19
WO3	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.22	0.00	0.00	0.00	0.03	0.16	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.12	0.00	0.25
ZnO	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.06	0.07	0.00	0.00	0.10	0.00	0.10	0.01	0.09	0.14	0.02	0.11	0.08	0.10	0.00	0.00	0.05	0.02
Nb2O5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.05	0.16	0.02	0.00	0.04	0.00	0.09	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02
MnO	0.02	0.00	0.21	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.30	0.01	0.06	0.00	0.02	0.02	0.01	0.00	0.01	0.03	0.04	0.00	0.05
Na2O	0.01	0.00	0.00	0.00	0.04	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.03	0.03	0.00	0.02	0.00	0.03	0.01	0.00
SO3	0.01	0.03	0.00	0.00	0.01	0.04	0.02	0.04	0.05	0.03	0.02	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.03	0.01	0.02	0.00	0.01	0.00	0.01
Bi2O3	0.00	0.00	0.00	0.09	0.00	0.00	0.00	0.04	0.00	0.11	0.00	0.05	0.00	0.00	0.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.00	0.02	0.01
MgO	0.01	0.04	0.01	0.01	0.03	0.01	0.03	0.02	0.02	0.02	0.05	0.01	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.05	0.02	0.00	0.01	0.00	0.00
PbO	0.06	0.05	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.00	0.00	0.04	0.00	0.02	0.01	0.00	0.02	0.00	0.00	0.09	0.00	0.00	0.06	0.04
V2O3	0.00	0.00	0.01	0.04	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.07	0.02	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00
Ag2O	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.00	0.00	0.04	0.04	0.03	0.02	0.00	0.07	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.06	0.04	0.07	0.00	0.00
Cr2O3	0.00	0.02	0.00	0.00	0.41	0.38	0.00	0.01	0.01	0.02	0.03	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.05
CaO	0.04	0.04	0.07	0.00	0.03	0.02	0.06	0.02	0.01	0.04	0.13	0.01	0.01	0.07	0.01	0.00	0.04	0.08	0.01	0.01	0.06	0.06	0.00
Al2O3	0.00	0.00	0.02	0.00	0.01	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.13	0.02	0.02	0.00	0.00	0.00	0.11	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00
SiO2	0.03	0.02	0.05	0.02	0.03	0.05	0.02	0.04	0.03	0.00	0.39	0.07	0.05	0.04	0.01	0.03	0.01	0.03	0.05	0.04	0.00	0.00	0.02
Total	102.17	101.85	101.75	102.05	99.10	99.10	101.21	101.50	100.18	100.74	102.18	100.52	99.92	101.21	100.40	99.85	99.95	99.69	101.53	102.17	101.94	101.63	102.04
a.p.f.u. (cálculos com base em 2 oxigénios)																							
Sn	0.993	0.987	0.990	0.996	0.987	0.983	0.989	0.993	0.994	0.962	0.966	0.987	0.991	0.985	0.989	0.989	0.987	0.979	0.995	0.996	0.994	0.996	0.989
Ti	0.004	0.008	0.001	0.000	0.002	0.003	0.005	0.003	0.003	0.031	0.006	0.008	0.004	0.009	0.006	0.006	0.006	0.016	0.001	0.001	0.002	0.001	0.004
Fe	0.002	0.002	0.005	0.002	0.004	0.004	0.002	0.001	0.000	0.004	0.011	0.002	0.001	0.001	0.002	0.000	0.001	0.001	0.000	0.001	0.001	0.001	0.001
Ta	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001
W	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.002
Zn	0.000	0.002	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000	0.002	0.000	0.002	0.000	0.002	0.003	0.000	0.002	0.001	0.002	0.000	0.000	0.001	0.000
Nb	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Mn	0.000	0.000	0.004	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.006	0.000	0.001	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000	0.001
Na	0.001	0.000	0.000	0.000	0.002	0.000	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.001	0.001	0.000	0.001	0.000	0.002	0.000	0.000
S	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.001	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Bi	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Mg	0.000	0.001	0.000	0.000	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.002	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000
Pb	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000
V	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Ag	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.001	0.000	0.000
Cr	0.000	0.000	0.000	0.000	0.008	0.008	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001
Ca	0.001	0.001	0.002	0.000	0.001	0.001	0.002	0.001	0.000	0.001	0.003	0.000	0.000	0.002	0.000	0.000	0.001	0.002	0.000	0.000	0.001	0.002	0.000
Al	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.004	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Si	0.001	0.001	0.001	0.000	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.010	0.002	0.001	0.001	0.000	0.001	0.000	0.001	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000
Posição Sn	0.999	0.997	1.001	1.000	0.993	0.991	0.997	0.997	0.997	0.998	0.990	0.998	0.998	0.997	0.999	0.997	0.995	0.997	0.996	0.999	0.997	0.999	0.997

ANEXO 2

Amostra	S8.34.80_4				S1.25.00_1				S1.25.00_2				S8.34.80_1				S8.34.80_2						
Óxidos %	1	2	3	4	1	2	3	4	2	3	4	5	6	7	8	10	11	1	2	3	1	2	3
SnO2	101.24	100.97	100.47	101.13	99.29	100.46	98.86	100.43	98.77	97.44	99.41	98.28	98.26	99.49	98.97	99.37	99.18	101.05	100.78	100.57	99.87	99.90	97.44
TiO2	0.14	0.19	0.12	0.02	0.13	0.02	0.24	0.02	0.00	0.32	0.15	0.25	0.27	0.16	0.42	0.07	0.06	0.19	0.23	0.09	0.06	0.07	0.03
FeO	0.03	0.05	0.07	0.01	0.36	0.29	0.33	0.00	0.01	0.75	0.11	0.35	0.40	0.11	0.28	0.06	0.05	0.01	0.02	0.00	0.00	0.03	0.23
Ta2O5	0.13	0.00	0.00	0.19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.02	0.18	0.08	0.00	0.00	0.19	0.00	0.12	0.00	0.12	0.27	0.00	0.08	0.04
WO3	0.20	0.00	0.00	0.08	0.42	0.00	0.00	0.19	0.00	0.03	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.06	0.09	0.00	0.00	0.00	0.08	0.09
ZnO	0.00	0.02	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.09	0.11	0.10	0.04	0.00	0.18	0.00	0.00	0.00	0.06	0.13	0.14	0.00	0.00	0.24
Nb2O5	0.00	0.00	0.00	0.08	0.00	0.00	0.01	0.00	0.05	0.00	0.03	0.00	0.00	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.04
MnO	0.00	0.01	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.01	0.03	0.00	0.05	0.00	0.07	0.00	0.04	0.08	0.01	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00
Na2O	0.01	0.02	0.00	0.00	0.03	0.01	0.02	0.00	0.04	0.00	0.00	0.03	0.01	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.02	0.00	0.00	0.10
SO3	0.00	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.03	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.03
Bi2O3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.06	0.13
MgO	0.02	0.00	0.03	0.02	0.01	0.03	0.01	0.01	0.03	0.14	0.00	0.03	0.04	0.00	0.02	0.04	0.06	0.01	0.03	0.00	0.00	0.01	0.04
PbO	0.01	0.00	0.00	0.11	0.05	0.03	0.02	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.02	0.00	0.00	0.01	0.07	0.02	0.00	0.00	0.00	0.03	0.04
V2O3	0.00	0.06	0.01	0.03	0.12	0.06	0.07	0.01	0.00	0.17	0.00	0.18	0.24	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.02
Ag2O	0.07	0.00	0.07	0.01	0.00	0.01	0.02	0.00	0.01	0.03	0.00	0.00	0.03	0.01	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.00	0.03
Cr2O3	0.02	0.00	0.04	0.01	0.02	0.00	0.00	0.00	0.05	0.00	0.02	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.01	0.00	0.04	0.03	0.00	0.00
CaO	0.04	0.00	0.06	0.06	0.02	0.03	0.01	0.04	0.04	0.17	0.05	0.09	0.07	0.03	0.11	0.06	0.08	0.01	0.02	0.05	0.03	0.02	0.07
Al2O3	0.02	0.02	0.00	0.02	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.06	0.00	0.00	0.00	0.02	0.03	0.06	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.09
SiO2	0.03	0.01	0.05	0.00	0.33	0.03	0.03	0.02	0.02	0.45	0.04	0.02	0.04	0.06	0.02	0.26	0.24	0.02	0.02	0.02	0.02	0.00	0.44
Total	102.11	101.37	101.10	101.84	100.90	101.12	99.69	100.89	99.30	99.70	100.24	99.50	99.56	100.24	100.18	100.07	100.07	101.50	101.55	101.33	100.11	100.37	99.28
a.p.f.u. (cálculos com base em 2 oxigénios)																							
Sn	0.991	0.994	0.992	0.994	0.977	0.993	0.989	0.996	0.994	0.965	0.990	0.984	0.982	0.991	0.984	0.987	0.987	0.994	0.991	0.992	0.997	0.996	0.975
Ti	0.003	0.004	0.002	0.000	0.002	0.000	0.004	0.000	0.000	0.006	0.003	0.005	0.005	0.003	0.008	0.001	0.001	0.004	0.004	0.002	0.001	0.001	0.001
Fe	0.001	0.001	0.001	0.000	0.007	0.006	0.007	0.000	0.000	0.016	0.002	0.007	0.008	0.002	0.006	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.005
Ta	0.001	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000	0.001	0.000	0.001	0.000	0.001	0.002	0.000	0.001	0.000
W	0.001	0.000	0.000	0.001	0.003	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001
Zn	0.000	0.000	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.002	0.002	0.001	0.000	0.003	0.000	0.000	0.000	0.001	0.002	0.002	0.000	0.000	0.004
Nb	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Mn	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.001	0.000	0.002	0.000	0.001	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Na	0.000	0.001	0.000	0.000	0.001	0.000	0.001	0.000	0.002	0.000	0.000	0.002	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000	0.005
S	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001
Bi	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.001
Mg	0.001	0.000	0.001	0.001	0.000	0.001	0.000	0.000	0.001	0.005	0.000	0.001	0.001	0.000	0.001	0.001	0.002	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.001
Pb	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
V	0.000	0.001	0.000	0.001	0.002	0.001	0.001	0.000	0.000	0.003	0.000	0.004	0.005	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Ag	0.001	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Cr	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000
Ca	0.001	0.000	0.002	0.002	0.000	0.001	0.000	0.001	0.001	0.004	0.001	0.002	0.002	0.001	0.003	0.002	0.002	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000	0.002
Al	0.001	0.001	0.000	0.001	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.002	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.003
Si	0.001	0.000	0.001	0.000	0.008	0.001	0.001	0.001	0.000	0.011	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.007	0.006	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.011
Posição Sn	0.995	0.999	0.995	0.996	0.987	1.000	1.001	0.996	0.996	0.986	0.997	0.997	0.997	0.997	1.000	0.992	0.990	0.998	0.997	0.996	0.998	0.998	0.982

ANEXO 2

Amostra	S11.22.00.L1_2										S8.35.75_3					S11.22.00.L1_4									
Oxidos %	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	4	5	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
SnO2	100.09	100.26	99.91	100.93	100.68	100.60	100.53	101.11	100.27	99.99	100.93	100.17	100.22	101.21	99.16	99.87	99.93	100.40	100.34	100.88	100.06	100.86	98.53		
TiO2	0.71	0.34	0.69	0.45	0.49	0.51	0.54	0.42	0.32	0.05	0.01	0.00	0.03	0.00	0.44	0.48	0.39	0.49	0.37	0.87	0.63	0.53	0.65		
FeO	0.09	0.04	0.06	0.04	0.04	0.04	0.04	0.03	0.04	0.01	0.01	0.06	0.03	0.04	0.03	0.00	0.07	0.04	0.05	0.06	0.05	0.08	0.09		
Ta2O5	0.15	0.17	0.06	0.18	0.08	0.00	0.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.18	0.16	0.07	0.17	0.19	0.27	0.25	0.11	0.00		
WO3	0.22	0.04	0.18	0.04	0.11	0.24	0.17	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	0.06	0.00	0.00	0.16	0.00	0.05	0.06	0.17	0.39	0.00	0.00		
ZnO	0.05	0.02	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	0.04	0.00	0.00	0.04	0.00	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.08	0.00	0.00	0.15		
Nb2O5	0.11	0.00	0.13	0.06	0.11	0.00	0.05	0.00	0.06	0.03	0.00	0.00	0.02	0.00	0.04	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.16	0.05	0.15		
MnO	0.01	0.00	0.04	0.01	0.02	0.00	0.05	0.04	0.01	0.00	0.02	0.01	0.00	0.04	0.00	0.00	0.02	0.02	0.00	0.00	0.00	0.03	0.04		
Na2O	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.01	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.04	0.01	0.02	0.06	0.05	0.01		
SO3	0.00	0.00	0.02	0.03	0.02	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.03	0.00	0.03	0.01	0.01	0.08	0.00	0.01	0.00		
Bi2O3	0.00	0.19	0.01	0.00	0.01	0.07	0.12	0.05	0.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.08	0.01	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.05		
MgO	0.03	0.01	0.02	0.01	0.01	0.00	0.04	0.01	0.01	0.00	0.02	0.01	0.03	0.00	0.02	0.02	0.00	0.02	0.04	0.03	0.02	0.02	0.03		
PbO	0.00	0.00	0.03	0.05	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00		
V2O3	0.08	0.00	0.01	0.00	0.03	0.06	0.04	0.01	0.00	0.00	0.00	0.05	0.00	0.00	0.00	0.04	0.00	0.00	0.01	0.05	0.05	0.02	0.04		
Ag2O	0.02	0.02	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.01	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.03	0.00	0.01	0.03	0.02	0.04	0.00	0.00	0.02		
Cr2O3	0.00	0.03	0.01	0.00	0.02	0.00	0.02	0.01	0.01	0.03	0.00	0.03	0.05	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.02		
CaO	0.03	0.05	0.01	0.01	0.00	0.05	0.02	0.01	0.06	0.02	0.02	0.04	0.17	0.06	0.06	0.05	0.04	0.06	0.01	0.02	0.06	0.03	0.00		
Al2O3	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.01	0.10	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.03	0.00		
SiO2	0.04	0.06	0.05	0.05	0.02	0.03	0.01	0.03	0.04	0.01	0.04	0.03	0.10	0.02	0.03	0.03	0.04	0.03	0.03	0.04	0.06	0.06	0.03		
Total	101.68	101.25	101.33	101.89	101.64	101.72	101.85	101.95	101.06	100.30	101.16	100.49	100.83	101.53	100.08	100.94	100.66	101.44	101.20	102.68	101.85	101.91	99.83		
a.p.f.u. (cálculos com base em 2 oxigénios)																									
Sn	0.978	0.988	0.979	0.986	0.985	0.985	0.982	0.988	0.989	0.998	0.997	0.996	0.990	0.997	0.986	0.985	0.989	0.985	0.988	0.974	0.976	0.984	0.981		
Ti	0.013	0.006	0.013	0.008	0.009	0.009	0.010	0.008	0.006	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.008	0.009	0.007	0.009	0.007	0.016	0.012	0.010	0.012		
Fe	0.002	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.000	0.000	0.001	0.001	0.001	0.001	0.000	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.002	0.002		
Ta	0.001	0.001	0.000	0.001	0.001	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000	0.001	0.001	0.002	0.002	0.001	0.000		
W	0.001	0.000	0.001	0.000	0.001	0.002	0.001	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.001	0.002	0.000	0.000		
Zn	0.001	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.004	0.001	0.000	0.000	0.001	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.003		
Nb	0.001	0.000	0.001	0.001	0.001	0.000	0.001	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.001	0.002			
Mn	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001		
Na	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.002	0.000	0.001	0.003	0.002	0.000		
S	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.001	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000		
Bi	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000		
Mg	0.001	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.001	0.000	0.001	0.001	0.000	0.001	0.002	0.001	0.001	0.001	0.001		
Pb	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000		
V	0.001	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000	0.001		
Ag	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000		
Cr	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000		
Ca	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000	0.001	0.005	0.001	0.002	0.001	0.001	0.002	0.000	0.001	0.001	0.001	0.000		
Al	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000		
Si	0.001	0.002	0.001	0.001	0.001	0.001	0.000	0.001	0.001	0.000	0.001	0.001	0.002	0.000	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001		
Posição Sn	0.995	0.996	0.995	0.997	0.997	0.995	0.996	0.997	0.997	0.999	0.998	0.997	0.992	0.999	0.997	0.995	0.998	0.997	0.997	0.993	0.992	0.997	0.997		

ANEXO 2

2.3.4. Rútilos

Amostra	S11.12.35.L1 3														S8.44.15.L2 2				S8.68.80.L2 3			S11.70.40 1			
Oxidos %	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	1	2	3	4	1	2	3	1	2	3	4
TiO2	93.95	100.13	94.82	100.16	100.30	100.51	93.52	100.35	94.51	94.61	101.20	100.33	93.56	91.51	96.93	94.06	96.11	96.60	96.43	92.32	96.81	99.63	98.35	97.67	96.61
WO3	3.41	0.01	4.57	0.22	0.29	0.33	3.23	0.13	2.62	2.92	0.00	0.05	3.84	4.66	0.07	0.41	0.30	0.79	0.65	1.28	1.41	0.28	0.37	0.28	0.02
FeO	1.24	0.05	1.02	0.07	0.07	0.09	1.16	0.14	1.16	1.18	0.12	0.11	1.33	1.39	0.24	0.43	0.23	0.21	0.58	1.39	0.49	0.29	0.41	0.37	0.86
Nb2O5	0.39	0.23	0.29	0.19	0.39	0.41	0.27	0.39	0.22	0.32	0.28	0.25	0.19	0.24	0.29	0.19	0.27	0.17	0.39	0.29	0.24	0.15	0.10	0.25	0.24
SnO2	0.36	0.00	0.40	0.00	0.00	0.02	0.76	0.00	0.77	0.73	0.00	0.00	0.46	0.51	0.63	0.32	0.40	0.27	0.09	0.19	0.20	0.00	0.03	0.11	0.06
Ta2O5	0.06	0.02	0.00	0.09	0.02	0.11	0.10	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.00	0.03	0.20	0.23	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	0.11	0.00
V2O3	0.16	0.00	0.30	0.00	0.00	0.00	0.52	0.00	0.38	0.38	0.00	0.00	0.44	0.42	0.18	0.12	0.12	0.14	0.11	0.09	0.00	0.01	0.02	0.03	0.03
P2O5	0.00	0.02	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.02	0.03	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.05	0.02	0.00	0.03	0.03	0.00
Na2O	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.02	0.00	0.01	0.00	0.03	0.00	0.01	0.02	0.00	0.04	0.01	0.00	0.02	0.00	0.01	0.02
SO3	0.03	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.02	0.02	0.01	0.00	0.00	0.02	0.06	0.00	0.00	0.04	0.06	0.04	0.00	0.05	0.02	0.00
BaO	0.04	0.04	0.08	0.00	0.11	0.10	0.04	0.08	0.00	0.09	0.16	0.16	0.07	0.05	0.12	0.07	0.12	0.08	0.13	0.12	0.16	0.07	0.03	0.10	0.13
Bi2O3	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.06	0.11	0.00	0.00	0.00	0.04	0.09	0.00	0.06	0.01	0.01	0.05	0.03	0.03	0.00	0.02	0.04
MgO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.03	0.02	0.00	0.01	0.01	0.03	0.14	0.00	0.00	0.02	0.01	0.00	0.00	0.03	0.00	0.01
PbO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.04	0.02	0.00	0.00	0.07	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.06	0.11	0.00	0.00	0.11	0.00	0.00
Ag2O	0.02	0.02	0.02	0.00	0.01	0.02	0.02	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.01	0.01
As2O5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.02	0.03	0.03	0.01	0.00	0.00	0.00
Cr2O3	0.02	0.02	0.00	0.01	0.00	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01	0.02	0.06	0.11	0.05	0.05	0.02	0.06	0.02	0.00	0.00	0.00	0.02
CaO	0.03	0.04	0.01	0.02	0.01	0.01	0.12	0.02	0.12	0.05	0.02	0.01	0.03	0.03	0.02	0.05	0.05	0.02	0.14	0.07	0.52	0.01	0.05	0.02	0.07
ZnO	0.09	0.10	0.00	0.02	0.06	0.04	0.10	0.00	0.01	0.05	0.06	0.02	0.00	0.07	0.04	0.00	0.04	0.07	0.27	0.36	0.06	0.06	0.04	0.00	0.08
SiO2	0.04	0.11	0.01	0.02	0.01	0.01	0.67	0.00	0.62	0.41	0.00	0.01	0.17	0.04	0.57	1.67	0.93	0.20	0.21	0.19	0.18	0.03	0.17	0.12	0.62
NiO	0.03	0.01	0.00	0.00	0.00	0.03	0.03	0.03	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.06	0.01	0.05	0.02	0.00	0.00	0.00
ZrO2	0.05	0.00	0.02	0.00	0.00	0.02	0.00	0.03	0.02	0.00	0.00	0.04	0.02	0.02	0.02	0.05	0.09	0.06	0.03	0.05	0.01	0.01	0.00	0.01	0.00
Au2O	0.01	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.03	0.02	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00
Total	100.09	100.92	101.61	100.84	101.35	101.75	100.78	101.33	100.85	101.10	102.03	101.14	100.23	99.15	99.82	99.93	99.55	99.28	99.46	96.97	100.29	100.80	100.30	99.37	99.35
a.p.f.u. (cálculos com base em 2 oxigénios)																									
Ti	0.966	0.994	0.962	0.996	0.994	0.993	0.952	0.994	0.958	0.959	0.995	0.995	0.960	0.956	0.977	0.944	0.972	0.983	0.980	0.969	0.978	0.993	0.986	0.989	0.977
W	0.012	0.000	0.016	0.001	0.001	0.001	0.011	0.000	0.009	0.010	0.000	0.000	0.014	0.017	0.000	0.001	0.001	0.003	0.002	0.005	0.005	0.001	0.001	0.001	0.000
Fe	0.014	0.001	0.011	0.001	0.001	0.001	0.013	0.002	0.013	0.013	0.001	0.001	0.015	0.016	0.003	0.005	0.003	0.002	0.007	0.016	0.005	0.003	0.005	0.004	0.010
Nb	0.002	0.001	0.002	0.001	0.002	0.002	0.002	0.002	0.001	0.002	0.002	0.002	0.001	0.002	0.002	0.001	0.002	0.001	0.002	0.002	0.001	0.001	0.001	0.002	0.001
Sn	0.002	0.000	0.002	0.000	0.000	0.000	0.004	0.000	0.004	0.004	0.000	0.000	0.002	0.003	0.003	0.002	0.002	0.001	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000	0.001	0.000
Ta	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000
V	0.002	0.000	0.003	0.000	0.000	0.000	0.006	0.000	0.004	0.004	0.000	0.000	0.005	0.005	0.002	0.001	0.001	0.002	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
P	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Na	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001
S	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Ba	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.001	0.000	0.001	0.000	0.001	0.001	0.001	0.000	0.000	0.001	0.001
Bi	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Mg	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Pb	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Ag	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
As	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Cr	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.001	0.001	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Ca																									

ANEXO 2

Amostra	S11.12.35_1					S11.12.35_4					S1.81.60_4					S11.22.00_1					S11.22.00_2					S1.76.75_2				
Oxidos %	1	2	3	4	5	2	4	5	6	1	2	3	2	3	4	5	1	2	3	4	5	6	2	4	5					
TiO2	94.48	98.06	97.59	100.43	100.34	97.96	99.24	99.91	98.98	99.01	99.00	96.92	92.09	92.56	92.39	91.18	96.09	94.56	88.69	91.94	88.29	88.46	95.40	95.22	96.81					
WO3	4.19	0.23	1.76	0.04	0.15	0.00	0.32	0.07	0.20	0.30	0.63	0.08	0.82	2.43	1.61	2.53	0.58	0.19	1.60	2.73	3.40	2.91	0.23	0.66	0.49					
FeO	1.28	0.38	0.83	0.18	0.14	0.47	0.44	0.25	0.29	0.17	0.21	0.17	1.15	0.63	0.61	0.77	0.17	0.16	2.04	0.71	1.29	1.17	0.45	0.95	0.55					
Nb2O5	0.40	0.26	0.55	0.23	0.25	0.35	0.18	0.33	0.34	0.17	0.11	0.38	0.19	0.19	0.27	0.34	0.30	0.04	0.30	0.29	0.26	0.14	0.36	0.40	0.18					
SnO2	0.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.08	0.03	1.09	0.00	0.00	0.11	0.03	0.16	2.27	0.04	0.01	0.01	0.62	0.42	0.57					
Ta2O5	0.00	0.18	0.00	0.01	0.00	0.08	0.11	0.03	0.29	0.11	0.00	0.00	0.00	0.16	0.00	0.00	0.00	0.05	0.44	0.26	0.26	0.00	0.31	0.17	0.06					
V2O3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.03	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.07	0.07	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.01	0.17	0.16	0.31					
P2O5	0.00	0.00	0.00	0.02	0.01	0.01	0.00	0.00	0.02	0.01	0.01	0.00	0.02	0.02	0.00	0.02	0.00	0.02	0.01	0.01	0.05	0.01	0.01	0.00	0.00					
Na2O	0.02	0.02	0.01	0.01	0.00	0.01	0.02	0.00	0.07	0.02	0.00	0.01	0.00	0.01	0.02	0.02	0.03	0.01	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00					
SO3	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.02	0.01	0.00	0.01	0.05	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.05	0.00	0.00	0.03	0.00					
BaO	0.07	0.13	0.09	0.09	0.10	0.07	0.12	0.03	0.07	0.06	0.02	0.12	0.06	0.19	0.08	0.13	0.11	0.06	0.12	0.12	0.07	0.11	0.07	0.07	0.09					
Bi2O3	0.06	0.01	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.09	0.08	0.05	0.00	0.04	0.00	0.00	0.04	0.04	0.00	0.00	0.02	0.05	0.08	0.03	0.12					
MgO	0.00	0.03	0.01	0.00	0.00	0.08	0.10	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	0.02	0.05	0.01	0.02	0.02	0.02	0.07	0.10	0.03	0.00	0.00	0.01					
PbO	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.02	0.03	0.00	0.06	0.00	0.09	0.00	0.05	0.08	0.03	0.00	0.02	0.05	0.00	0.04	0.00	0.00	0.02	0.00					
Ag2O	0.00	0.00	0.02	0.02	0.00	0.02	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02					
As2O5	0.01	0.02	0.02	0.00	0.03	0.02	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.01	0.02	0.00	0.00	0.00	0.03	0.07	0.00					
Cr2O3	0.04	0.01	0.00	0.03	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.03	0.03	0.00	0.00	0.01	0.02	0.00	0.00	0.00	0.22	0.09	0.11					
CaO	0.02	0.22	0.06	0.02	0.03	0.02	0.03	0.02	0.01	0.03	0.03	0.01	0.08	0.14	0.18	0.08	0.04	0.04	0.14	0.05	0.07	0.06	0.06	0.06	0.04					
ZnO	0.00	0.00	0.00	0.06	0.00	0.00	0.07	0.02	0.02	0.03	0.04	0.00	0.04	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.09	0.03	0.01	0.02	0.06	0.00					
SiO2	0.02	0.93	0.13	0.05	0.07	0.21	0.12	0.04	0.46	0.17	0.06	0.95	0.35	0.07	0.08	0.46	0.07	0.07	0.54	0.28	0.19	0.39	0.63	0.67	0.38					
NiO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.02	0.02	0.00	0.01	0.00	0.04	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.03	0.02	0.01	0.00	0.00	0.05	0.01	0.00	0.00					
ZrO2	0.00	0.01	0.00	0.04	0.04	0.02	0.04	0.00	0.01	0.00	0.00	0.07	0.01	0.00	0.04	0.04	0.05	0.00	0.00	0.04	0.07	0.06	0.03	0.08	0.03					
Au2O	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00					
Total	100.75	100.92	101.37	101.41	101.29	99.61	101.10	100.83	100.97	100.59	100.62	99.30	100.01	100.21	99.11	99.25	101.15	99.97	100.66	101.67	98.76	98.48	98.98	99.39	100.28					
a.p.f.u. (cálculos com base em 2 oxigénios)																														
Ti	0.966	0.974	0.978	0.993	0.994	0.988	0.988	0.994	0.984	0.990	0.990	0.979	0.965	0.975	0.978	0.968	0.990	0.993	0.950	0.964	0.960	0.959	0.973	0.969	0.976					
W	0.015	0.001	0.006	0.000	0.001	0.000	0.001	0.000	0.001	0.001	0.002	0.000	0.003	0.009	0.006	0.009	0.002	0.001	0.006	0.010	0.013	0.011	0.001	0.002	0.002					
Fe	0.015	0.004	0.009	0.002	0.002	0.005	0.005	0.003	0.003	0.002	0.002	0.002	0.013	0.007	0.007	0.009	0.002	0.002	0.024	0.008	0.016	0.014	0.005	0.011	0.006					
Nb	0.002	0.002	0.003	0.001	0.001	0.002	0.001	0.002	0.002	0.001	0.001	0.002	0.001	0.001	0.002	0.002	0.000	0.002	0.002	0.002	0.001	0.002	0.002	0.001	0.001					
Sn	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.006	0.000	0.000	0.001	0.000	0.001	0.013	0.000	0.000	0.000	0.003	0.002	0.003					
Ta	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.001	0.001	0.000	0.001	0.001	0.000					
V	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.002	0.002	0.003					
P	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000					
Na	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.001	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000					
S	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000					
Ba	0.000	0.001	0.000	0.000	0.001	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.001	0.000	0.001	0.000	0.001	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000					
Bi	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000					
Mg	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.002	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.002	0.001	0.000	0.000	0.000					
Pb	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000					
Ag	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000					
As	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000					
Cr	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.001	0.001	0.001					
Ca	0.000	0.003	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.002	0.003	0.001	0.001	0.001	0.002	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001					
Zn	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001					
Si	0.000	0.012	0.002	0.001	0.001	0.003	0.002	0.001	0.006	0.002	0.001	0.013	0.005	0.001	0.001	0.006	0.001	0.001	0.008	0.004	0.003	0.006	0.008	0.009	0.005					
Ni	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000					
Zr	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000					
Au	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000					
Posição Ti	0.998	0.982	0.996	0.997	0.998	0.995	0.995	0.999	0.991	0.995	0.996	0.983	0.989	0.993	0.992	0.989	0.996	0.997	0.996	0.985	0.991	0.985	0.986	0.988	0.989					

ANEXO 2

Amostra	S1.76.95_2			S1.36.80_1			S1.12.35_2			S1.76.95_5			S1.82.39_1			S1.70.40_5									
Óxidos %	2	3	4	2	3	4	5	6	8	1	2	3	4	5	6	7	2	3	4	1	2	3	5	2	4
TiO2	96.04	97.26	98.04	95.54	95.31	95.37	95.80	95.71	95.14	94.30	98.87	94.68	98.61	96.40	99.22	94.21	95.40	94.84	94.09	98.99	98.27	98.90	97.85	98.18	96.90
WO3	0.75	0.89	0.25	0.10	0.17	0.00	0.00	0.00	0.05	4.32	0.00	2.62	0.08	2.14	0.52	3.04	0.99	0.79	1.49	0.01	0.36	0.25	0.45	0.18	0.30
FeO	0.69	0.85	0.47	0.13	0.09	0.09	0.07	0.14	0.43	1.42	0.39	1.17	0.23	0.54	0.11	1.24	0.49	0.57	1.02	0.16	0.31	0.25	0.76	0.79	0.35
Nb2O5	0.36	0.35	0.22	0.52	0.57	0.52	0.39	0.27	0.68	0.28	0.28	0.22	0.16	0.76	0.39	0.24	0.47	0.42	0.61	0.25	0.60	0.44	0.27	0.31	0.21
SnO2	0.62	0.81	0.69	0.04	0.01	0.07	0.06	0.03	0.03	0.23	0.00	0.48	0.00	0.00	0.01	0.51	0.83	0.56	0.81	0.00	0.08	0.34	1.20	0.00	0.08
Ta2O5	0.06	0.17	0.12	0.03	0.08	0.00	0.00	0.06	0.14	0.00	0.00	0.00	0.07	0.01	0.00	0.00	0.00	0.07	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00
V2O3	0.23	0.09	0.29	0.04	0.04	0.03	0.00	0.00	0.01	0.05	0.09	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.26	0.12	0.15	0.31	0.44	0.29	0.26	0.00	0.03
P2O5	0.04	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.04	0.00	0.00	0.01	0.03	0.00	0.04	0.01	0.00	0.00
Na2O	0.01	0.03	0.00	0.00	0.02	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.00	0.02	0.02	0.01	0.00	0.01	0.04	0.01	0.03	0.02	0.01	0.00	0.02	0.00	0.03
SO3	0.00	0.00	0.00	0.04	0.00	0.02	0.02	0.03	0.00	0.00	0.03	0.01	0.02	0.01	0.01	0.00	0.00	0.02	0.01	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00
BaO	0.04	0.05	0.09	0.10	0.12	0.08	0.09	0.14	0.06	0.10	0.08	0.00	0.03	0.13	0.14	0.09	0.14	0.07	0.07	0.15	0.17	0.16	0.12	0.11	0.13
Bi2O3	0.05	0.03	0.09	0.00	0.00	0.00	0.07	0.07	0.02	0.00	0.04	0.08	0.00	0.10	0.02	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.12	0.02	0.04
MgO	0.01	0.03	0.00	0.02	0.01	0.00	0.01	0.00	0.02	0.00	0.01	0.02	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.03	0.00	0.02	0.02	0.00	0.01	0.03
PbO	0.00	0.06	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.11	0.00	0.01	0.00	0.00	0.08	0.01	0.01	0.03
Ag2O	0.00	0.05	0.00	0.02	0.02	0.00	0.00	0.02	0.01	0.02	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.02	0.00	0.03	0.03
As2O5	0.01	0.06	0.03	0.00	0.01	0.02	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
Cr2O3	0.09	0.08	0.12	0.00	0.03	0.01	0.00	0.03	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.20	0.17	0.19	0.04	0.08	0.10	0.10	0.01	0.00
CaO	0.05	0.11	0.04	0.07	0.04	0.05	0.09	0.11	0.19	0.03	0.14	0.06	0.06	0.03	0.03	0.08	0.23	0.12	0.09	0.05	0.05	0.02	0.06	0.19	0.10
ZnO	0.11	0.00	0.03	0.05	0.00	0.07	0.05	0.07	0.04	0.00	0.00	0.02	0.02	0.06	0.00	0.01	0.08	0.16	0.00	0.00	0.05	0.07	0.00	0.00	0.06
SiO2	0.91	0.33	0.15	0.13	0.07	0.06	0.11	0.13	0.35	0.02	0.49	0.29	0.29	0.03	0.00	0.53	0.56	0.55	0.66	0.16	0.34	0.07	0.03	0.05	0.22
NiO	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.00	0.01	0.02	0.00	0.00	0.00
ZrO2	0.00	0.04	0.03	0.00	0.00	0.01	0.00	0.03	0.06	0.09	0.00	0.05	0.05	0.04	0.00	0.00	0.00	0.04	0.01	0.00	0.06	0.01	0.00	0.01	0.00
Au2O	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00
Total	100.70	101.52	100.91	99.75	99.51	99.30	99.71	99.75	100.39	100.96	100.74	100.00	99.75	100.36	100.52	100.15	100.10	98.62	99.78	100.38	100.97	101.21	101.45	100.03	99.11
a.p.f.u. (cálculos com base em 2 oxigénios)																									
Ti	0.963	0.972	0.982	0.989	0.990	0.991	0.992	0.991	0.980	0.963	0.984	0.968	0.991	0.977	0.992	0.962	0.967	0.972	0.959	0.990	0.980	0.986	0.980	0.988	0.983
W	0.003	0.003	0.001	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.015	0.000	0.009	0.000	0.007	0.002	0.011	0.003	0.003	0.005	0.000	0.001	0.001	0.002	0.001	0.001
Fe	0.008	0.009	0.005	0.001	0.001	0.001	0.001	0.002	0.005	0.016	0.004	0.013	0.003	0.006	0.001	0.014	0.005	0.006	0.012	0.002	0.003	0.003	0.008	0.009	0.004
Nb	0.002	0.002	0.001	0.003	0.004	0.003	0.002	0.002	0.004	0.002	0.002	0.001	0.001	0.005	0.002	0.001	0.003	0.003	0.004	0.001	0.004	0.003	0.002	0.002	0.001
Sn	0.003	0.004	0.004	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.003	0.000	0.000	0.000	0.003	0.004	0.003	0.004	0.000	0.000	0.002	0.006	0.000	0.000
Ta	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
V	0.002	0.001	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.003	0.001	0.002	0.003	0.005	0.003	0.003	0.000	0.000
P	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Na	0.000	0.001	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001
S	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Ba	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000	0.001	0.001	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.001	0.000	0.000	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
Bi	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Mg	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001
Pb	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Ag	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
As	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Cr	0.001	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.002	0.002	0.000	0.001	0.001	0.001	0.000	0.000
Ca	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.002	0.003	0.000	0.002	0.001	0.001	0.000	0.000	0.001	0.003	0.002	0.001	0.001	0.001	0.000	0.001	0.003	0.001
Zn	0.001	0.000	0.000	0.001	0.000	0.001	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.001	0.002	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.001
Si	0.012	0.004	0.002	0.002	0.001	0.001	0.001	0.002	0.005	0.000	0.007	0.004	0.004	0.000	0.000	0.007	0.008	0.007	0.009	0.002	0.005	0.001	0.000	0.001	0.003
Ni	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Zr	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Au	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Posição Ti	0.979	0.992	0.994	0.994	0.996	0.996	0.996	0.995	0.990	0.997	0.990	0.994	0.995	0.995	0.998	0.991	0.983	0.988	0.984	0.993	0.989	0.994	0.998	1.000	0.989

ANEXO 2

Amostra	S11.12.35_5								S11.22.00_3							S1.36.80_2							S1.36.80_3						
Oxídos %	1	2	3	4	5	6	7	8	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	3	4	5	6	7				
TiO2	100.36	100.09	100.25	100.27	97.38	94.94	98.54	97.83	95.50	90.74	87.80	92.94	91.84	86.18	98.42	98.71	97.31	98.27	93.15	92.06	99.47	98.56	98.25	99.12	99.38				
W03	0.30	0.24	0.00	0.39	0.00	1.20	0.09	0.14	0.96	2.72	6.19	1.47	1.60	7.78	0.32	0.04	0.39	0.19	4.16	3.06	0.00	0.07	0.28	0.00	0.37				
FeO	0.17	0.25	0.13	0.27	0.70	0.76	0.39	0.81	0.31	1.13	0.98	0.75	1.20	1.21	0.13	0.10	0.07	0.12	0.92	1.07	0.18	0.06	0.13	0.10	0.11				
Nb2O5	0.39	0.36	0.61	0.22	0.34	0.37	0.18	0.26	0.22	0.26	0.27	0.15	0.20	0.21	0.26	0.26	0.14	0.27	0.25	0.11	0.07	0.14	0.17	0.18	0.11				
SnO2	0.05	0.02	0.02	0.02	0.27	0.30	0.12	0.40	0.05	0.00	0.02	0.16	0.52	0.09	0.37	0.40	0.84	0.45	0.19	0.16	0.47	0.32	0.38	0.16	0.25				
Ta2O5	0.00	0.17	0.00	0.19	0.00	0.08	0.19	0.00	0.00	0.01	0.00	0.11	0.00	0.04	0.11	0.04	0.00	0.00	0.01	0.13	0.17	0.04	0.00	0.00	0.00				
V2O3	0.01	0.03	0.04	0.00	0.38	0.46	0.37	0.10	0.00	0.07	0.06	0.00	0.04	0.08	0.11	0.44	0.39	0.19	0.30	0.31	0.54	0.48	0.17	0.17	0.32				
P2O5	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.04	0.00	0.04	0.00	0.01	0.01	0.00	0.02	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.07	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.04				
Na2O	0.01	0.00	0.00	0.06	0.00	0.04	0.01	0.03	0.02	0.02	0.05	0.01	0.06	0.03	0.02	0.00	0.00	0.03	0.00	0.01	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00				
SO3	0.00	0.00	0.04	0.02	0.21	0.01	0.06	0.03	0.01	0.03	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.02	0.04	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00				
BaO	0.10	0.08	0.11	0.05	0.01	0.00	0.09	0.03	0.03	0.14	0.00	0.05	0.09	0.09	0.08	0.05	0.06	0.05	0.09	0.04	0.02	0.02	0.12	0.08	0.03				
Bi2O3	0.10	0.05	0.00	0.00	0.10	0.00	0.05	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.04	0.00	0.00	0.06	0.00	0.00	0.03	0.00	0.09	0.03	0.00	0.09	0.06				
MgO	0.00	0.00	0.01	0.00	0.02	0.02	0.02	0.00	0.00	0.04	0.16	0.28	0.02	0.21	0.01	0.00	0.00	0.00	0.06	0.14	0.01	0.02	0.00	0.00	0.01				
PbO	0.00	0.03	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.08	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02				
Ag2O	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.02	0.03	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.02	0.01	0.05	0.02	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.01				
As2O5	0.04	0.02	0.00	0.00	0.00	0.02	0.02	0.00	0.00	0.04	0.03	0.05	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.05	0.00	0.05	0.04				
Cr2O3	0.00	0.00	0.01	0.06	0.13	0.42	0.18	0.08	0.01	0.03	0.03	0.02	0.01	0.00	0.07	0.33	0.27	0.17	0.16	0.13	0.20	0.22	0.21	0.19	0.23				
CaO	0.02	0.03	0.01	0.01	0.05	0.05	0.02	0.02	0.05	0.08	0.08	0.04	0.09	0.11	0.05	0.01	0.00	0.06	0.00	0.05	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01				
ZnO	0.05	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.02	0.10	0.00	0.01	0.05	0.02	0.00	0.04	0.03	0.10	0.12	0.15	0.01	0.03	0.02	0.07	0.00	0.01	0.06				
SiO2	0.02	0.00	0.00	0.34	0.39	0.68	0.13	0.13	0.02	0.28	0.05	0.50	0.26	0.07	0.20	0.10	0.15	0.44	0.53	0.84	0.07	0.04	0.22	0.05	0.08				
NiO	0.04	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.04	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.02	0.02	0.04	0.00	0.03				
ZrO2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.02	0.02	0.04	0.00	0.02	0.09	0.04	0.05	0.06	0.06	0.00	0.00	0.01	0.05	0.08	0.02	0.04	0.00	0.01	0.02				
Au2O	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.01	0.01	0.00	0.01	0.06	0.00	0.00	0.01	0.04	0.01				
Total	101.75	101.49	101.37	102.26	100.48	99.83	100.73	100.14	100.68	99.69	99.64	100.23	99.49	99.97	100.64	101.03	100.24	100.88	100.44	98.85	101.72	100.51	100.34	100.56	101.48				
a.p.f.u. (cálculos com base em 2 oxigénios)																													
Ti	0.992	0.992	0.993	0.985	0.975	0.964	0.985	0.984	0.989	0.962	0.947	0.970	0.972	0.936	0.986	0.985	0.981	0.981	0.952	0.952	0.985	0.986	0.986	0.991	0.986				
W	0.001	0.001	0.000	0.001	0.000	0.004	0.000	0.000	0.003	0.010	0.023	0.005	0.006	0.029	0.001	0.000	0.001	0.001	0.015	0.011	0.000	0.000	0.001	0.000	0.001				
Fe	0.002	0.003	0.001	0.003	0.008	0.009	0.004	0.009	0.004	0.013	0.012	0.009	0.014	0.015	0.001	0.001	0.001	0.001	0.010	0.012	0.002	0.001	0.001	0.001	0.001				
Nb	0.002	0.002	0.004	0.001	0.002	0.002	0.001	0.002	0.001	0.002	0.002	0.001	0.001	0.001	0.002	0.002	0.001	0.002	0.002	0.001	0.000	0.001	0.001	0.001	0.001				
Sn	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.002	0.001	0.002	0.000	0.000	0.000	0.001	0.003	0.001	0.002	0.002	0.005	0.002	0.001	0.001	0.002	0.002	0.002	0.001	0.001				
Ta	0.000	0.001	0.000	0.001	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000				
V	0.000	0.000	0.000	0.000	0.004	0.005	0.004	0.001	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000	0.001	0.001	0.005	0.004	0.002	0.003	0.003	0.006	0.005	0.002	0.002	0.003				
P	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000				
Na	0.000	0.000	0.000	0.002	0.000	0.001	0.000	0.001	0.001	0.001	0.001	0.000	0.002	0.001	0.001	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000				
S	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000				
Ba	0.001	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000				
Bi	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000				
Mg	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.003	0.006	0.000	0.004	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000				
Pb	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000				
Ag	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000				
As	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000				
Cr	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.004	0.002	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.003	0.003	0.002	0.002	0.001	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002				
Ca	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000																						

ANEXO 2

Amostra	S1.36.80_4			S1.76.95_1			S1.76.95_4			S1.76.75_4			S1.37.70_5			S1.82.39_4									
Oxidos %	1	2	4	1	3	4	5	6	7	8	1	2	4	1	2	3	4	1	2	3	1	2	3	4	5
TiO2	97.88	94.72	97.60	98.44	97.68	93.49	97.74	95.13	95.32	98.24	97.27	98.79	98.78	96.49	97.49	92.62	93.39	97.35	97.87	98.76	97.84	97.25	95.51	98.72	97.55
WO3	0.79	3.20	0.08	0.43	0.09	1.30	1.19	1.52	1.51	0.36	0.86	0.16	0.05	0.53	0.26	0.80	1.37	0.10	0.00	0.00	0.16	0.50	1.35	0.06	1.61
FeO	0.10	0.56	0.36	0.32	0.45	1.02	0.61	0.68	0.95	0.45	0.36	0.36	0.29	0.78	0.49	1.75	1.41	0.44	0.57	0.53	0.22	0.22	0.60	0.24	0.43
Nb2O5	0.20	0.27	0.31	0.30	0.28	0.42	0.57	0.53	0.60	0.29	0.39	0.34	0.32	0.52	0.71	3.50	2.27	0.17	0.19	0.15	0.06	0.20	0.47	0.27	0.14
SnO2	0.81	0.25	0.33	0.49	1.09	1.35	0.46	0.79	0.84	0.64	0.74	0.42	0.53	0.78	0.59	0.63	0.39	0.13	0.08	0.02	0.13	0.12	2.05	0.56	0.03
Ta2O5	0.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.04	0.00	0.19	0.00	0.00	0.25	0.37	0.02	0.00	0.00	0.09	0.10	0.18	0.00	0.06	0.00
V2O3	0.29	0.21	0.17	0.16	0.15	0.30	0.11	0.21	0.12	0.21	0.10	0.21	0.21	0.20	0.11	0.26	0.18	0.21	0.23	0.19	0.25	0.32	0.48	0.33	0.07
P2O5	0.00	0.00	0.00	0.01	0.03	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.03	0.04	0.03	0.10	0.00	0.00	0.02	0.01	0.02
Na2O	0.00	0.02	0.03	0.02	0.00	0.02	0.00	0.01	0.00	0.00	0.02	0.02	0.02	0.01	0.02	0.01	0.02	0.00	0.00	0.02	0.00	0.036	0.006	0.000	0.032
SO3	0.02	0.02	0.01	0.02	0.00	0.02	0.01	0.02	0.00	0.00	0.01	0.04	0.04	0.02	0.03	0.04	0.00	0.00	0.00	0.04	0.01	0.00	0.04	0.02	0.01
BaO	0.15	0.05	0.00	0.04	0.00	0.14	0.01	0.07	0.11	0.16	0.12	0.12	0.09	0.00	0.16	0.06	0.00	0.08	0.07	0.18	0.11	0.12	0.06	0.02	0.03
Bi2O3	0.00	0.05	0.00	0.08	0.00	0.07	0.00	0.06	0.00	0.00	0.08	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.02	0.02	0.00	0.00
MgO	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.02	0.00	0.01	0.00	0.04	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.05	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
PbO	0.04	0.05	0.02	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.07	0.00	0.01	0.00	0.01	0.06	0.05	0.07	0.00	0.00	0.00	0.06	0.03	0.06
Ag2O	0.01	0.05	0.01	0.02	0.00	0.00	0.02	0.01	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.04	0.00	0.00	0.03	0.01	0.01	0.00	0.00
As2O5	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.06	0.04	0.00	0.01	0.00	0.04	0.01	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00
Cr2O3	0.09	0.08	0.11	0.20	0.13	0.18	0.11	0.08	0.03	0.05	0.08	0.10	0.12	0.17	0.11	0.16	0.09	0.02	0.04	0.03	0.03	0.15	0.17	0.07	0.06
CaO	0.02	0.13	0.04	0.07	0.04	0.01	0.05	0.10	0.06	0.04	0.09	0.04	0.04	0.02	0.11	0.03	0.01	0.05	0.05	0.07	0.11	0.10	0.13	0.07	0.06
ZnO	0.05	0.11	0.00	0.03	0.00	0.06	0.06	0.08	0.05	0.00	0.05	0.03	0.13	0.05	0.03	0.05	0.01	0.02	0.09	0.02	0.06	0.04	0.03	0.06	0.13
SiO2	0.04	0.46	0.20	0.25	0.16	0.61	0.25	0.76	0.47	0.23	0.12	0.22	0.19	0.50	0.19	0.08	0.35	0.43	0.32	0.19	0.10	0.21	0.14	0.08	0.04
NiO	0.02	0.00	0.02	0.01	0.00	0.04	0.00	0.02	0.03	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.02	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00
ZrO2	0.02	0.01	0.03	0.09	0.00	0.04	0.01	0.03	0.00	0.00	0.00	0.04	0.05	0.08	0.00	0.00	0.02	0.00	0.26	0.00	0.05	0.00	0.01	0.06	0.03
Au2O	0.00	0.00	0.00	0.04	0.01	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.06	0.04	0.04	0.01	0.00	0.00	0.00
Total	100.92	100.73	99.73	101.13	100.29	99.99	101.28	100.46	100.34	101.02	100.35	101.38	101.07	100.36	100.65	100.47	99.71	99.73	100.54	101.12	99.41	99.53	101.23	100.76	100.52
a.p.f.u. (cálculos com base em 2 oxigênios)																									
Ti	0.982	0.962	0.985	0.982	0.983	0.955	0.977	0.962	0.967	0.982	0.981	0.983	0.985	0.972	0.979	0.947	0.956	0.980	0.981	0.981	0.990	0.985	0.965	0.986	0.982
W	0.003	0.011	0.000	0.001	0.000	0.005	0.004	0.005	0.005	0.001	0.003	0.001	0.000	0.002	0.001	0.003	0.005	0.000	0.000	0.000	0.001	0.002	0.005	0.000	0.006
Fe	0.001	0.006	0.004	0.004	0.005	0.012	0.007	0.008	0.011	0.005	0.004	0.004	0.003	0.009	0.005	0.020	0.016	0.005	0.006	0.006	0.002	0.002	0.007	0.003	0.005
Nb	0.001	0.002	0.002	0.002	0.002	0.003	0.003	0.003	0.004	0.002	0.002	0.002	0.002	0.003	0.004	0.022	0.014	0.001	0.001	0.001	0.000	0.001	0.003	0.002	0.001
Sn	0.004	0.001	0.002	0.003	0.006	0.007	0.002	0.004	0.005	0.003	0.004	0.002	0.003	0.004	0.003	0.003	0.002	0.001	0.000	0.000	0.001	0.001	0.011	0.003	0.000
Ta	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000
V	0.003	0.002	0.002	0.002	0.002	0.003	0.001	0.002	0.001	0.002	0.001	0.002	0.002	0.002	0.001	0.003	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.003	0.003	0.005	0.003
P	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Na	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.001
S	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Ba	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.001	0.001	0.001	0.001	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000
Bi	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Mg	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Pb	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Ag	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
As	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Cr	0.001	0.001	0.001	0.002	0.001	0.002	0.001	0.001	0.000	0.001	0.001	0.001	0.001	0.002	0.001	0.002	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.002	0.001	0.001
Ca	0.000	0.002	0.001	0.001	0.001	0.000	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.000	0.002	0.000	0.000	0.001	0.001	0.001	0.002	0.001	0.002	0.001	0.001
Zn	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.001	0.001	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.001	0.000	0.001	0.000	0.001	0.001	0.001
Si	0.000	0.006	0.003	0.003	0.002	0.008	0.003	0.010	0.006	0.003	0.002	0.003	0.002	0.007	0.003	0.001	0.005	0.006	0.004	0.002	0.001	0.003	0.002	0.001	0.000
Ni	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Zr	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Au	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Posição Ti	0.992	0.983	0.993	0.991	0.996	0.981	0.994	0.983	0.991	0.993	0.994	0.993	0.993	0.990	0.994	0.996	0.993	0.987	0.989	0.988	0.994	0.991	0.990	0.994	0.993

ANEXO 2

Amostra	S1.36.80.L2_5					S1.82.39.L1_2					S1.82.39.L1_3					S1.76.95.L2_5					S11.70.40_5					S1.82.39.L1_4				
Óxidos %	2	3	4	6	8	1	2	4	5	1	3	4	5	6	2	3	4	5	2	4	1	2	3	4	5					
TiO2	94.76	94.79	95.31	95.06	94.78	97.66	99.69	99.12	96.81	99.11	98.10	96.81	99.33	98.77	95.40	94.84	94.09	97.85	98.18	96.90	97.84	97.25	95.51	98.72	97.55					
WO3	0.07	0.19	0.08	0.19	0.19	0.67	0.31	0.58	0.68	0.24	0.49	0.72	0.39	0.21	0.99	0.79	1.49	0.45	0.18	0.30	0.16	0.50	1.35	0.06	1.61					
FeO	0.27	0.24	0.18	0.19	0.14	0.67	0.29	0.33	0.45	0.21	0.48	0.60	0.29	0.28	0.49	0.57	1.02	0.76	0.79	0.35	0.22	0.22	0.60	0.24	0.43					
Nb2O5	0.26	0.12	0.31	0.19	0.34	0.26	0.15	0.15	0.12	0.27	0.33	0.38	0.15	0.19	0.47	0.42	0.61	0.27	0.31	0.21	0.06	0.20	0.47	0.27	0.14					
SnO2	0.20	0.37	0.35	0.10	0.20	0.07	0.04	0.15	0.13	0.37	0.42	0.56	0.05	0.03	0.83	0.56	0.81	1.20	0.00	0.08	0.13	0.12	2.05	0.56	0.03					
Ta2O5	0.00	0.07	0.00	0.08	0.00	0.00	0.07	0.12	0.00	0.06	0.04	0.00	0.12	0.16	0.00	0.07	0.00	0.01	0.00	0.00	0.10	0.18	0.00	0.06	0.00					
V2O3	0.19	0.24	0.24	0.02	0.06	0.32	0.20	0.15	0.25	0.28	0.39	0.34	0.27	0.35	0.26	0.12	0.15	0.26	0.00	0.03	0.25	0.32	0.48	0.33	0.07					
P2O5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.02	0.01	0.02						
Na2O	0.00	0.02	0.02	0.03	0.02	0.00	0.00	0.02	0.00	0.02	0.01	0.02	0.00	0.00	0.04	0.01	0.03	0.02	0.00	0.03	0.00	0.036	0.006	0.000	0.032					
SO3	0.01	0.02	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.02	0.02	0.05	0.00	0.01	0.05	0.00	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.04	0.02	0.01					
BaO	0.07	0.17	0.04	0.04	0.08	0.03	0.10	0.05	0.09	0.02	0.08	0.05	0.06	0.05	0.14	0.07	0.07	0.12	0.11	0.13	0.11	0.12	0.06	0.02	0.03					
Bi2O3	0.08	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.15	0.03	0.00	0.05	0.06	0.00	0.03	0.00	0.00	0.12	0.02	0.04	0.00	0.02	0.02	0.00	0.00					
MgO	0.06	0.00	0.00	0.01	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.03	0.00	0.01	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01					
PbO	0.00	0.07	0.00	0.00	0.00	0.02	0.01	0.00	0.00	0.09	0.00	0.03	0.07	0.00	0.11	0.00	0.01	0.01	0.01	0.03	0.00	0.00	0.06	0.03	0.06					
Ag2O	0.00	0.02	0.00	0.01	0.00	0.02	0.01	0.01	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.03	0.03	0.01	0.01	0.00	0.00					
As2O5	0.00	0.01	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.03	0.03	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00					
Cr2O3	0.05	0.07	0.08	0.04	0.04	0.04	0.04	0.06	0.10	0.05	0.08	0.11	0.04	0.06	0.20	0.17	0.19	0.10	0.01	0.00	0.03	0.15	0.17	0.07	0.06					
CaO	0.03	0.03	0.02	0.03	0.04	0.05	0.03	0.04	0.06	0.05	0.03	0.05	0.06	0.03	0.23	0.12	0.09	0.06	0.19	0.10	0.11	0.10	0.13	0.07	0.06					
ZnO	0.04	0.08	0.00	0.01	0.05	0.00	0.00	0.08	0.00	0.01	0.02	0.00	0.00	0.00	0.08	0.16	0.00	0.07	0.00	0.06	0.06	0.04	0.03	0.06	0.13					
SiO2	0.40	0.31	0.16	0.22	0.22	0.43	0.11	0.26	0.46	0.10	0.15	0.10	0.11	0.13	0.56	0.55	0.66	0.03	0.05	0.22	0.10	0.21	0.14	0.08	0.04					
NiO	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.02	0.02	0.01	0.00	0.01	0.00	0.03	0.02	0.00	0.00	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00					
ZrO2	0.07	0.00	0.02	0.01	0.00	0.07	0.00	0.00	0.01	0.03	0.02	0.00	0.01	0.03	0.00	0.04	0.01	0.00	0.01	0.00	0.05	0.00	0.01	0.06	0.03					
Au2O	0.00	0.02	0.02	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.01	0.00	0.02	0.03	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.01	0.00	0.00	0.00					
Total	98.85	99.16	99.18	98.54	98.46	100.65	101.30	101.30	99.63	101.20	100.91	99.99	101.17	100.57	100.10	98.62	99.78	101.45	100.03	99.11	99.41	99.53	101.23	100.76	100.52					
a.p.f.u. (cálculos com base em 2 oxigénios)																														
Ti	0.983	0.984	0.987	0.988	0.987	0.979	0.990	0.986	0.980	0.987	0.981	0.980	0.989	0.988	0.967	0.972	0.959	0.980	0.988	0.983	0.990	0.985	0.965	0.986	0.982					
W	0.000	0.001	0.000	0.001	0.001	0.002	0.001	0.002	0.002	0.001	0.002	0.002	0.001	0.001	0.003	0.003	0.005	0.002	0.001	0.001	0.001	0.002	0.005	0.000	0.006					
Fe	0.003	0.003	0.002	0.002	0.002	0.007	0.003	0.004	0.005	0.002	0.005	0.007	0.003	0.003	0.005	0.006	0.012	0.008	0.009	0.004	0.002	0.002	0.007	0.003	0.005					
Nb	0.002	0.001	0.002	0.001	0.002	0.002	0.001	0.001	0.001	0.002	0.002	0.002	0.001	0.001	0.003	0.003	0.004	0.002	0.002	0.001	0.000	0.001	0.003	0.002	0.001					
Sn	0.001	0.002	0.002	0.001	0.001	0.000	0.000	0.001	0.001	0.002	0.002	0.003	0.000	0.000	0.004	0.003	0.004	0.006	0.000	0.000	0.001	0.001	0.011	0.003	0.000					
Ta	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000					
V	0.002	0.003	0.003	0.000	0.001	0.003	0.002	0.002	0.003	0.003	0.004	0.004	0.003	0.004	0.003	0.001	0.002	0.003	0.000	0.000	0.003	0.003	0.005	0.003	0.001					
P	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000					
Na	0.000	0.001	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.001	0.000	0.000	0.001	0.000	0.001	0.000	0.000	0.001					
S	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000					
Ba	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000					
Bi	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000					
Mg	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000					
Pb	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000					
Ag	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000					
As	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000					
Cr	0.001	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.000	0.001	0.002	0.002	0.002	0.001												

ANEXO 2

2.3.5. Ilmenite

Amostra	S8.68.80.L2_5				S8.68.80.L2_6			S11.70.40_1_4		S11.70.40_3			S11.70.40_5	
wt %	3	4	5	6	1	2	3	5	1	1	2	4	1	3
TiO ₂	53.08	58.35	53.72	53.52	53.75	53.11	52.56	53.12	53.44	53.44	53.70	53.35	52.84	53.30
FeO	32.66	29.65	36.81	36.60	36.13	36.87	36.33	41.94	41.41	41.09	41.02	41.28	40.72	40.98
MnO	6.49	4.83	6.49	6.12	6.54	6.60	7.02	3.09	3.42	4.45	4.43	3.75	4.23	4.22
MgO	0.00	0.01	0.02	0.00	0.01	0.01	0.03	0.01	0.00	0.03	0.01	0.00	0.00	0.00
ZnO	5.30	5.40	2.13	2.06	1.36	1.11	1.18	0.05	0.00	0.08	0.08	0.00	0.01	0.00
Nb ₂ O ₅	0.30	0.25	0.18	0.25	0.23	0.27	0.28	0.36	0.30	0.39	0.23	0.29	0.42	0.29
WO ₃	0.59	1.19	0.10	0.14	0.36	0.46	0.13	0.00	0.00	0.05	0.00	0.14	0.00	0.00
SnO ₂	0.10	0.00	0.00	0.16	0.00	0.03	0.03	0.01	0.00	0.03	0.06	0.03	0.02	0.04
BaO	0.15	0.05	0.07	0.03	0.05	0.08	0.01	0.05	0.10	0.07	0.10	0.06	0.10	0.09
K ₂ O	0.01	0.03	0.06	0.10	0.12	0.10	0.24	0.08	0.00	0.00	0.00	0.03	0.03	0.00
CaO	0.10	0.17	0.09	0.02	0.09	0.03	0.19	0.01	0.00	0.00	0.02	0.02	0.00	0.02
Al ₂ O ₃	0.02	0.10	0.02	0.02	0.04	0.04	0.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.01
Na ₂ O	0.12	0.16	0.08	0.06	0.08	0.07	0.04	0.00	0.02	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00
SiO ₂	0.10	0.36	0.04	0.03	0.12	0.08	0.54	0.03	0.00	0.00	0.02	0.01	0.11	0.00
ZrO ₂	0.02	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.04	0.00	0.00	0.02	0.04	0.00	0.03	0.05
CoO	0.02	0.06	0.07	0.07	0.03	0.03	0.06	0.04	0.07	0.05	0.00	0.03	0.04	0.07
Total	99.27	100.79	100.15	99.29	98.89	98.88	98.79	98.96	98.93	99.76	99.76	99.04	98.71	99.39
a.p.f.u. (cálculo na base de 3 O)														
Ti	1.015	1.069	1.016	1.018	1.021	1.013	1.001	1.014	1.019	1.011	1.015	1.016	1.010	1.014
Fe	0.694	0.604	0.774	0.774	0.763	0.782	0.769	0.890	0.878	0.865	0.862	0.874	0.865	0.867
Mn	0.140	0.100	0.138	0.131	0.140	0.142	0.151	0.066	0.073	0.095	0.094	0.080	0.091	0.090
Mg	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000
Zn	0.099	0.097	0.040	0.038	0.025	0.021	0.022	0.001	0.000	0.002	0.002	0.000	0.000	0.000
Nb	0.003	0.003	0.002	0.003	0.003	0.003	0.003	0.004	0.003	0.004	0.003	0.003	0.005	0.003
W	0.004	0.007	0.001	0.001	0.002	0.003	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000
Sn	0.001	0.000	0.000	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000
Ba	0.001	0.000	0.001	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
K	0.000	0.001	0.002	0.003	0.004	0.003	0.008	0.002	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000
Ca	0.003	0.004	0.002	0.001	0.002	0.001	0.005	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000
Al	0.001	0.003	0.000	0.001	0.001	0.001	0.004	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000
Na	0.006	0.007	0.004	0.003	0.004	0.003	0.002	0.000	0.001	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000
Si	0.003	0.009	0.001	0.001	0.003	0.002	0.014	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.003	0.000
Zr	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001
Co	0.000	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.000	0.001	0.001	0.001
Posição Ti	1.015	1.069	1.016	1.018	1.021	1.013	1.001	1.014	1.019	1.011	1.015	1.016	1.010	1.014
Posição Fe	0.933	0.801	0.952	0.943	0.929	0.945	0.942	0.958	0.951	0.962	0.958	0.954	0.957	0.958

ANEXO 2

2.3.6. Electrum

Amostra	S1.37.70_1		S1.37.70_4		S1.37.70_5							
wt%	4	5	4	7	4	5	6	8	9	10	11	12
Au	78.80	77.85	80.71	80.07	77.23	80.07	79.72	79.96	80.22	78.97	81.61	79.24
Ag	19.49	19.67	19.99	20.47	21.19	20.28	19.91	20.32	19.73	19.57	19.30	21.49
Fe	0.29	0.30	0.93	0.30	0.34	0.31	0.26	0.37	0.48	0.42	0.59	0.58
Bi	0.66	0.34	0.68	0.62	0.65	0.59	0.59	0.68	0.45	0.51	0.66	0.68
W	0.05	0.00	0.10	0.00	0.34	0.00	0.00	0.00	0.00	0.13	0.00	0.00
Te	0.05	0.00	0.09	0.01	0.08	0.12	0.05	0.13	0.04	0.07	0.00	0.00
S	0.00	0.00	0.00	0.00	0.06	0.09	0.00	0.11	0.18	0.02	0.00	0.12
Zn	0.10	0.00	0.09	0.06	0.05	0.00	0.05	0.00	0.07	0.10	0.00	0.01
Cu	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.03	0.00	0.00
Ga	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.06	0.01	0.00	0.03	0.00
As	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00
Sn	0.00	0.05	0.00	0.02	0.00	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00
Ni	0.00	0.02	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.03	0.04	0.08	0.00	0.00
Se	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.03	0.03	0.06	0.00	0.00
Sb	0.00	0.02	0.00	0.08	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mn	0.05	0.00	0.00	0.00	0.07	0.02	0.00	0.01	0.10	0.00	0.02	0.00
Co	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.02	0.05	0.00	0.14	0.00
Total	99.49	98.26	102.61	101.62	100.05	101.55	100.66	101.73	101.39	99.97	102.35	102.12
a.p.f.u. (cálculo na base de 1 unidade)												
Au	0.675	0.675	0.663	0.671	0.649	0.669	0.676	0.664	0.666	0.670	0.679	0.650
Ag	0.305	0.311	0.300	0.313	0.325	0.309	0.308	0.308	0.299	0.303	0.293	0.322
Fe	0.009	0.009	0.027	0.009	0.010	0.009	0.008	0.011	0.014	0.013	0.017	0.017
Bi	0.005	0.003	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.004	0.004	0.005	0.005
W	0.000	0.000	0.001	0.000	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000
Te	0.001	0.000	0.001	0.000	0.001	0.001	0.001	0.002	0.000	0.001	0.000	0.000
S	0.000	0.000	0.000	0.000	0.003	0.005	0.000	0.006	0.009	0.001	0.000	0.006
Zn	0.003	0.000	0.002	0.001	0.001	0.000	0.001	0.000	0.002	0.003	0.000	0.000
Cu	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.001	0.000	0.000
Ga	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.001	0.000
As	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Sn	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Ni	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.002	0.000	0.000
Se	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.001	0.000	0.000
Sb	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Mn	0.001	0.000	0.000	0.000	0.002	0.001	0.000	0.000	0.003	0.000	0.001	0.000
Co	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.001	0.000	0.004	0.000
Total	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

ANEXO 2

2.3.7. Arsenopirite

Amostra	S1.81.60_3						S1.37.70.L2_5					S1.81.60_2				S1.36.80_3		S1.37.70.L2_8				S1.37.70_7		
wt %	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	1	2	3	4	5	6
As	41.64	40.32	39.39	42.93	42.16	46.13	38.29	39.18	40.50	38.61	40.85	40.68	39.72	40.52	40.05	41.37	46.83	46.75	39.99	40.93	40.71	38.02	38.72	43.56
Fe	35.37	36.08	35.82	35.25	35.31	31.82	36.34	36.54	36.07	36.21	36.10	35.82	35.94	35.83	36.34	35.69	33.03	32.83	36.01	36.07	36.26	36.53	36.62	35.14
S	22.16	23.22	23.10	21.32	21.91	18.78	24.61	24.20	22.95	23.55	22.96	22.85	23.24	23.16	23.35	22.40	18.88	18.88	23.35	22.66	23.15	24.83	24.35	21.13
Co	0.11	0.07	0.07	0.13	0.03	2.27	0.01	0.03	0.07	0.03	0.06	0.00	0.18	0.05	0.00	0.05	1.49	1.45	0.00	0.05	0.01	0.03	0.07	0.56
Ni	0.05	0.02	0.01	0.11	0.00	0.52	0.02	0.00	0.03	0.04	0.04	0.10	0.08	0.01	0.00	0.00	0.21	0.22	0.00	0.01	0.00	0.03	0.00	0.07
Sb	0.00	0.16	0.16	0.06	0.08	0.00	0.33	0.25	0.09	0.13	0.02	0.08	0.08	0.19	0.13	0.04	0.02	0.01	0.22	0.00	0.04	0.48	0.48	0.00
W	0.06	0.00	0.11	0.13	0.12	0.00	0.04	0.12	0.00	0.00	0.01	0.10	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00
Sn	0.00	0.00	0.02	0.02	0.01	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.06	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03
Pb	0.00	0.05	0.14	0.01	0.00	0.01	0.00	0.06	0.04	0.02	0.00	0.16	0.00	0.05	0.00	0.17	0.12	0.04	0.00	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00
Au	0.03	0.01	0.01	0.02	0.02	0.00	0.07	0.00	0.00	0.05	0.05	0.07	0.03	0.02	0.00	0.10	0.00	0.00	0.05	0.04	0.08	0.01	0.00	0.00
Ag	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.05	0.01	0.01	0.02	0.06	0.02	0.00	0.03	0.00	0.04	0.01	0.02	0.02	0.00	0.03	0.00
Cd	0.03	0.00	0.00	0.03	0.03	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00
Mo	0.03	0.04	0.04	0.01	0.00	0.00	0.06	0.01	0.03	0.02	0.03	0.01	0.00	0.02	0.00	0.01	0.01	0.04	0.02	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00
In	0.06	0.00	0.01	0.01	0.07	0.00	0.00	0.03	0.00	0.04	0.01	0.00	0.00	0.04	0.00	0.07	0.03	0.01	0.01	0.01	0.03	0.00	0.00	0.00
Zn	0.01	0.00	0.03	0.00	0.02	0.00	0.00	0.04	0.00	0.01	0.00	0.01	0.03	0.03	0.00	0.06	0.05	0.10	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.03
Mn	0.03	0.00	0.01	0.01	0.03	0.00	0.00	0.03	0.02	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.06	0.00	0.00	0.00	0.02
Te	0.00	0.02	0.01	0.00	0.02	0.00	0.02	0.00	0.01	0.01	0.04	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
Total	99.56	100.01	98.92	100.02	99.81	99.53	99.88	100.50	99.86	98.72	100.20	99.97	99.50	100.00	99.88	100.00	100.75	100.44	99.71	99.94	100.33	99.96	100.28	100.55
a.p.f.u. (cálculo na base de 3 posições)																								
As	0.884	0.844	0.833	0.917	0.897	1.016	0.793	0.810	0.851	0.813	0.856	0.856	0.835	0.850	0.838	0.874	1.021	1.022	0.838	0.862	0.851	0.784	0.800	0.927
Fe	1.008	1.014	1.017	1.010	1.008	0.940	1.009	1.013	1.017	1.023	1.015	1.011	1.013	1.008	1.020	1.012	0.966	0.963	1.013	1.019	1.017	1.011	1.015	1.003
S	1.100	1.136	1.142	1.064	1.089	0.966	1.190	1.169	1.126	1.159	1.124	1.124	1.141	1.135	1.141	1.106	0.962	0.964	1.144	1.115	1.130	1.197	1.176	1.051
Co	0.003	0.002	0.002	0.004	0.001	0.064	0.000	0.001	0.002	0.001	0.002	0.000	0.005	0.001	0.000	0.001	0.041	0.040	0.000	0.001	0.000	0.001	0.002	0.015
Ni	0.001	0.000	0.000	0.003	0.000	0.015	0.001	0.000	0.001	0.001	0.001	0.003	0.002	0.000	0.000	0.000	0.006	0.006	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.002
Sb	0.000	0.002	0.002	0.001	0.001	0.000	0.004	0.003	0.001	0.002	0.000	0.001	0.001	0.002	0.002	0.001	0.000	0.000	0.003	0.000	0.001	0.006	0.006	0.000
W	0.000	0.000	0.001	0.001	0.001	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Sn	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Pb	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Au	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000
Ag	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Cd	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Mo	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
In	0.001	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Zn	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000	0.001	0.001	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001
Mn	0.001	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.000	0.000	0.000	0.001
Te	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Posição S	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.982	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.984	0.987	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
Posição As	0.985	0.983	0.978	0.982	0.989	1.000	0.988	0.983	0.979	0.974	0.982	0.982	0.977	0.988	0.980	0.982	1.000	1.000	0.985	0.977	0.982	0.987	0.982	0.978
Posição Fe	1.015	1.017	1.022	1.018	1.011	1.018	1.012	1.017	1.021	1.026	1.018	1.018	1.023	1.012	1.020	1.018	1.016	1.013	1.015	1.023	1.018	1.013	1.018	1.022
S %	37	38	38	35	36	32	40	39	38	39	37	37	38	38	38	37	32	32	38	37	38	40	39	35
As %	29	28	28	31	30	34	26	27	28	27	29	29	28	28	28	29	34	34	28	29	28	26	27	31

ANEXO 2

Amostra	S1.76.75.L1_2											S1.76.95.L2_2						S1.76.95.L2_5					S1.76.75_4	
wt %	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	11	12
As	38.23	40.92	40.34	42.31	45.18	40.23	41.37	44.80	45.37	45.58	45.07	45.22	45.27	45.74	42.80	45.37	41.90	45.71	45.18	46.05	46.16	46.12	41.63	45.27
Fe	36.56	36.26	36.36	35.68	34.36	36.47	36.17	35.03	34.55	34.32	35.01	34.78	34.26	34.20	35.95	34.83	35.56	34.21	34.56	34.35	34.02	34.54	36.14	35.08
S	24.48	22.83	23.24	21.59	19.65	23.23	22.24	19.83	19.23	19.57	19.85	19.84	19.50	19.28	21.25	19.68	21.95	19.76	20.08	19.42	19.32	19.51	22.42	19.55
Co	0.05	0.04	0.03	0.20	0.39	0.01	0.02	0.19	0.24	0.16	0.06	0.18	0.63	0.16	0.02	0.11	0.03	0.60	0.60	0.14	0.07	0.16	0.05	0.00
Ni	0.04	0.02	0.00	0.06	0.38	0.00	0.00	0.07	0.34	0.24	0.04	0.37	0.18	0.61	0.00	0.47	0.01	0.40	0.24	0.49	0.49	0.52	0.00	0.01
Sb	0.33	0.05	0.14	0.01	0.01	0.01	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.03	0.00	0.03	0.00	0.03	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.04	0.00
W	0.00	0.02	0.00	0.03	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.09	0.01	0.00	0.10	0.00	0.20	0.00	0.06	0.00	0.24	0.00	0.00	0.00
Sn	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.04	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.05
Pb	0.00	0.02	0.00	0.03	0.00	0.03	0.00	0.02	0.00	0.06	0.00	0.01	0.00	0.11	0.04	0.00	0.00	0.00	0.05	0.00	0.00	0.00	0.11	0.00
Au	0.00	0.05	0.01	0.04	0.08	0.11	0.15	0.05	0.04	0.01	0.06	0.00	0.00	0.02	0.01	0.00	0.01	0.00	0.04	0.00	0.05	0.02	0.17	0.01
Ag	0.01	0.00	0.00	0.02	0.02	0.00	0.01	0.05	0.03	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.04	0.07	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.05
Cd	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.01	0.03	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.03	0.09	0.03	0.00	0.00
Mo	0.06	0.00	0.04	0.05	0.02	0.00	0.00	0.02	0.03	0.03	0.03	0.02	0.04	0.04	0.08	0.00	0.03	0.04	0.03	0.00	0.00	0.01	0.01	0.02
In	0.00	0.00	0.03	0.03	0.05	0.00	0.03	0.03	0.00	0.01	0.05	0.04	0.02	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.03	0.07	0.00	0.04	0.01	0.00
Zn	0.00	0.00	0.00	0.01	0.03	0.02	0.00	0.00	0.00	0.11	0.02	0.03	0.01	0.00	0.00	0.08	0.01	0.00	0.01	0.00	0.06	0.00	0.00	0.01
Mn	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.01	0.02	0.00	0.04	0.00	0.04	0.01	0.00	0.02	0.00
Te	0.02	0.04	0.04	0.04	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.04	0.00	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.06	0.02
Total	99.78	100.23	100.21	100.09	100.20	100.15	100.04	100.11	99.86	100.08	100.22	100.65	100.00	100.17	100.34	100.60	99.81	100.80	100.89	100.60	100.53	100.99	100.67	100.07
a.p.f.u. (cálculo na base de 3 posições)																								
As	0.792	0.858	0.843	0.900	0.980	0.841	0.874	0.970	0.990	0.991	0.975	0.975	0.985	0.996	0.911	0.979	0.891	0.985	0.971	0.998	1.004	0.995	0.875	0.983
Fe	1.016	1.020	1.019	1.018	1.000	1.022	1.025	1.017	1.011	1.001	1.016	1.006	1.000	0.999	1.027	1.009	1.014	0.989	0.996	0.999	0.993	1.000	1.019	1.022
S	1.185	1.118	1.134	1.072	0.996	1.134	1.098	1.003	0.981	0.994	1.003	1.000	0.991	0.981	1.057	0.993	1.090	0.995	1.008	0.983	0.982	0.984	1.101	0.992
Co	0.001	0.001	0.001	0.005	0.011	0.000	0.000	0.005	0.007	0.005	0.002	0.005	0.017	0.004	0.001	0.003	0.001	0.016	0.016	0.004	0.002	0.004	0.001	0.000
Ni	0.001	0.001	0.000	0.001	0.010	0.000	0.000	0.002	0.009	0.007	0.001	0.010	0.005	0.017	0.000	0.013	0.000	0.011	0.006	0.014	0.014	0.014	0.000	0.000
Sb	0.004	0.001	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
W	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.001	0.000	0.002	0.000	0.000	0.000	0.002	0.000	0.000	0.000
Sn	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001
Pb	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000
Au	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000
Ag	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001
Cd	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000
Mo	0.001	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
In	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.001	0.000	0.000
Zn	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.003	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.000	0.000	0.000
Mn	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.001	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000
Te	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000
Posição S	1.000	1.000	1.000	1.000	0.996	1.000	1.000	1.000	0.981	0.994	1.000	1.000	0.992	0.981	1.000	0.993	1.000	0.995	1.000	0.983	0.987	0.984	1.000	0.992
Posição As	0.981	0.978	0.980	0.973	0.981	0.975	0.973	0.973	0.990	0.991	0.980	0.976	0.985	0.997	0.970	0.979	0.981	0.986	0.979	0.999	1.000	0.997	0.977	0.984
Posição Fe	1.019	1.022	1.020	1.027	1.023	1.025	1.027	1.027	1.029	1.015	1.020	1.024	1.023	1.022	1.030	1.028	1.019	1.019	1.021	1.017	1.013	1.019	1.023	1.024
S %	39	37	38	36	33	38	37	33	33	33	33	33	33	33	35	33	36	33	34	33	33	33	37	33
As %	26	29	28	30	33	28	29	32	33	33	33	33	33	33	30	33	30	33	32	33	33	33	29	33

ANEXO 2

Amostra	S1.37.70.L2_3										S1.82.39.L1_1				S1.76.75.L1_4									
wt %	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1	2	3	4	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
As	40.74	38.37	40.24	38.32	40.79	41.18	42.39	40.51	40.31	42.53	44.11	43.79	43.01	42.37	39.20	43.21	44.32	41.36	43.24	45.09	38.19	41.21	46.05	37.14
Fe	36.13	36.88	36.18	36.34	36.24	36.14	37.37	35.91	36.18	36.13	32.48	34.59	35.38	35.49	36.69	35.50	34.93	36.07	35.73	35.26	37.10	36.40	34.20	37.25
S	22.87	24.86	24.00	24.01	23.34	22.75	21.80	22.34	23.09	21.86	20.47	20.96	21.35	21.82	23.82	20.98	20.63	22.61	21.33	19.87	24.79	22.56	19.18	25.61
Co	0.02	0.00	0.04	0.00	0.02	0.02	0.19	0.01	0.03	0.19	1.90	0.25	0.03	0.02	0.02	0.07	0.28	0.01	0.04	0.02	0.03	0.03	0.26	0.02
Ni	0.04	0.01	0.01	0.04	0.00	0.02	0.02	0.08	0.02	0.06	0.82	0.53	0.06	0.06	0.00	0.09	0.09	0.00	0.07	0.09	0.03	0.00	0.56	0.04
Sb	0.05	0.38	0.24	0.26	0.08	0.00	0.00	0.00	0.04	0.02	0.00	0.03	0.04	0.07	0.35	0.04	0.05	0.07	0.03	0.00	0.30	0.00	0.00	0.26
W	0.02	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.02	0.01	0.06	0.00	0.19	0.00	0.01	0.06	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.10	0.08	0.13	0.00
Sn	0.04	0.00	0.06	0.00	0.02	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.03	0.02	0.00	0.00	0.06
Pb	0.16	0.05	0.02	0.00	0.12	0.04	0.00	0.10	0.00	0.00	0.08	0.05	0.00	0.01	0.04	0.00	0.08	0.16	0.02	0.07	0.16	0.05	0.00	0.06
Au	0.24	0.00	0.00	0.04	0.01	0.05	0.04	0.09	0.09	0.00	0.05	0.00	0.00	0.00	0.04	0.00	0.00	0.01	0.03	0.03	0.01	0.06	0.05	0.00
Ag	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.01	0.04	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.04	0.05	0.05	0.00	0.00	0.00
Cd	0.00	0.00	0.04	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.02	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.04	0.00	0.03	0.00	0.02
Mo	0.00	0.01	0.00	0.00	0.02	0.00	0.05	0.04	0.00	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.06	0.00	0.00	0.03	0.01	0.05	0.01	0.02
In	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.00	0.00	0.00	0.04	0.00	0.01	0.04	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.02	0.02	0.00	0.00	0.02
Zn	0.04	0.02	0.07	0.07	0.00	0.11	0.00	0.02	0.01	0.05	0.03	0.11	0.00	0.02	0.02	0.03	0.03	0.00	0.01	0.00	0.02	0.00	0.00	0.01
Mn	0.00	0.02	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.02	0.02	0.00	0.05	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.02	0.03	0.02	0.03	0.00	0.00	0.00
Te	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.00	0.00	0.07	0.00	0.00	0.03	0.00	0.07	0.00	0.03	0.01	0.00	0.00	0.00	0.02	0.06	0.00	0.00
Total	100.37	100.63	100.91	99.08	100.68	100.36	101.96	99.13	99.94	100.90	100.22	100.39	99.91	100.04	100.22	99.95	100.49	100.34	100.57	100.62	100.87	100.54	100.44	100.50
a.p.f.u. (cálculo na base de 3 posições)																								
As	0.855	0.787	0.831	0.801	0.849	0.863	0.884	0.861	0.845	0.895	0.951	0.936	0.918	0.900	0.814	0.925	0.950	0.869	0.918	0.972	0.783	0.865	1.002	0.756
Fe	1.017	1.015	1.003	1.019	1.012	1.017	1.046	1.024	1.018	1.020	0.939	0.992	1.013	1.011	1.023	1.019	1.004	1.017	1.018	1.020	1.020	1.024	0.998	1.018
S	1.121	1.191	1.158	1.173	1.135	1.115	1.062	1.109	1.132	1.075	1.031	1.046	1.065	1.083	1.156	1.050	1.033	1.110	1.058	1.001	1.187	1.106	0.975	1.219
Co	0.000	0.000	0.001	0.000	0.001	0.001	0.005	0.000	0.001	0.005	0.052	0.007	0.001	0.000	0.000	0.002	0.008	0.000	0.001	0.000	0.001	0.001	0.007	0.000
Ni	0.001	0.000	0.000	0.001	0.000	0.001	0.001	0.002	0.001	0.002	0.023	0.014	0.002	0.002	0.000	0.002	0.003	0.000	0.002	0.003	0.001	0.000	0.016	0.001
Sb	0.001	0.005	0.003	0.003	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.005	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000	0.004	0.000	0.000	0.003
W	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.002	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.001	0.000
Sn	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001
Pb	0.001	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000
Au	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000
Ag	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000
Cd	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000
Mo	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000
In	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Zn	0.001	0.001	0.002	0.002	0.000	0.003	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.003	0.000	0.001	0.001	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Mn	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000
Te	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000
Posição S	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.977	1.000
Posição As	0.977	0.983	0.994	0.977	0.986	0.979	0.947	0.971	0.978	0.971	0.982	0.983	0.984	0.985	0.975	0.976	0.983	0.981	0.977	0.974	0.974	0.972	1.000	0.980
Posição Fe	1.023	1.017	1.006	1.023	1.014	1.021	1.053	1.029	1.022	1.029	1.018	1.017	1.016	1.015	1.025	1.024	1.017	1.019	1.023	1.026	1.026	1.028	1.023	1.020
S %	37	40	39	39	38	37	35	37	38	36	34	35	35	36	39	35	34	37	35	33	40	37	32	41
As %	28	26	28	27	28	29	29	29	28	30	32	31	31	30	27	31	32	29	31	32	26	29	33	25

ANEXO 2

Amostra	S1.82.39.L1_3						S1.76.95.L2_6						S1.37.70.L2_4						S1.37.70.L2_7					
wt %	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4
As	42.00	43.76	44.04	43.58	43.37	42.95	43.56	43.31	42.97	43.90	44.97	45.59	45.45	45.73	39.74	42.79	40.61	40.64	41.40	41.00	39.23	40.69	37.71	41.80
Fe	35.10	35.35	34.92	33.69	35.32	35.18	33.88	34.45	33.97	33.81	33.88	34.02	34.06	33.94	35.77	35.35	35.14	35.57	35.59	35.54	36.53	36.09	36.90	36.20
S	21.42	20.81	20.41	20.91	20.91	20.97	21.14	21.37	21.83	20.83	19.93	19.52	19.62	19.66	22.82	22.15	22.61	22.89	23.10	22.61	24.15	22.80	25.18	22.62
Co	0.38	0.35	0.60	1.14	0.07	0.20	0.90	0.43	0.92	0.82	0.10	0.13	0.24	0.23	0.04	0.02	0.13	0.00	0.00	0.02	0.05	0.04	0.02	0.04
Ni	0.07	0.10	0.23	0.73	0.31	0.31	0.32	0.26	0.39	0.53	0.58	0.77	0.32	0.69	0.08	0.03	0.31	0.05	0.01	0.00	0.01	0.00	0.02	0.06
Sb	0.00	0.09	0.11	0.01	0.00	0.05	0.00	0.05	0.04	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.09	0.00	0.07	0.15	0.02	0.04	0.28	0.01	0.28	0.04
W	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.06	0.00	0.01	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.07	0.09	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.14	0.00	0.00
Sn	0.01	0.00	0.02	0.00	0.02	0.00	0.01	0.00	0.00	0.02	0.00	0.02	0.00	0.06	0.02	0.00	0.00	0.00	0.06	0.00	0.00	0.03	0.00	0.03
Pb	0.03	0.05	0.13	0.00	0.01	0.05	0.00	0.00	0.08	0.02	0.00	0.08	0.03	0.00	0.00	0.00	0.09	0.03	0.06	0.00	0.02	0.07	0.00	0.09
Au	0.00	0.00	0.00	0.03	0.02	0.02	0.00	0.01	0.06	0.00	0.00	0.00	0.03	0.03	0.03	0.08	0.07	0.10	0.09	0.08	0.03	0.00	0.02	0.02
Ag	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.03	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.02	0.04	0.00	0.04	0.01	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
Cd	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.04	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mo	0.02	0.01	0.04	0.01	0.01	0.01	0.03	0.00	0.02	0.06	0.00	0.02	0.01	0.05	0.02	0.00	0.04	0.00	0.00	0.03	0.03	0.00	0.00	0.02
In	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.00	0.03	0.00	0.00	0.04	0.03	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.01	0.00	0.00
Zn	0.08	0.00	0.00	0.05	0.09	0.04	0.35	0.03	0.30	0.00	0.25	0.10	0.00	0.05	0.00	0.00	0.00	0.01	0.07	0.00	0.00	0.05	0.00	0.00
Mn	0.08	0.00	0.05	0.00	0.00	0.03	0.00	0.02	0.00	0.03	0.02	0.00	0.02	0.01	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.02	0.00	0.02	0.00	0.03
Te	0.05	0.00	0.00	0.01	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00	0.02	0.01	0.06	0.00	0.04	0.00	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.01	0.01
Total	99.23	100.55	100.58	100.15	100.14	99.89	100.22	99.95	100.71	100.04	99.78	100.30	99.80	100.62	98.70	100.59	99.13	99.56	100.47	99.34	100.35	99.96	100.12	100.97
a.p.f.u. (cálculo na base de 3 posições)																								
As	0.900	0.935	0.944	0.933	0.928	0.920	0.931	0.925	0.910	0.942	0.976	0.990	0.990	0.990	0.843	0.903	0.862	0.858	0.866	0.868	0.812	0.856	0.773	0.874
Fe	1.009	1.013	1.005	0.968	1.014	1.012	0.971	0.987	0.965	0.974	0.987	0.991	0.995	0.985	1.019	1.001	1.001	1.007	0.999	1.010	1.014	1.018	1.015	1.015
S	1.073	1.038	1.023	1.046	1.045	1.050	1.055	1.067	1.080	1.045	1.011	0.990	0.998	0.994	1.132	1.092	1.122	1.129	1.129	1.119	1.168	1.121	1.207	1.105
Co	0.010	0.009	0.016	0.031	0.002	0.005	0.024	0.012	0.025	0.022	0.003	0.004	0.007	0.006	0.001	0.001	0.004	0.000	0.000	0.001	0.001	0.001	0.000	0.001
Ni	0.002	0.003	0.006	0.020	0.008	0.009	0.009	0.007	0.010	0.014	0.016	0.021	0.009	0.019	0.002	0.001	0.008	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.002
Sb	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000	0.001	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.001	0.002	0.000	0.001	0.004	0.000	0.004	0.000
W	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000
Sn	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Pb	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001
Au	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000
Ag	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Cd	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000
Mo	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000
In	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Zn	0.002	0.000	0.000	0.001	0.002	0.001	0.008	0.001	0.007	0.000	0.006	0.002	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000
Mn	0.002	0.000	0.002	0.000	0.000	0.001	0.000	0.001	0.000	0.001	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.001
Te	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Posição S	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.991	0.998	0.995	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
Posição As	0.973	0.974	0.969	0.980	0.973	0.971	0.986	0.992	0.990	0.987	0.988	0.990	0.990	0.991	0.977	0.996	0.985	0.989	0.997	0.988	0.983	0.977	0.984	0.980
Posição Fe	1.027	1.026	1.031	1.020	1.027	1.029	1.014	1.008	1.010	1.013	1.012	1.019	1.012	1.014	1.023	1.004	1.015	1.011	1.003	1.012	1.017	1.023	1.016	1.020
S %	36	35	34	35	35	35	35	36	36	35	34	33	33	33	38	36	37	38	38	37	39	37	40	37
As %	30	31	31	31	31	31	31	31	30	31	33	33	33	33	28	30	29	29	29	29	27	29	26	29

ANEXO 2

Amostra	S1.37.70.L2_1										S1.37.70.L2_2										S8.68.80_1			
wt %	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	1	2	3	4
As	41.86	39.45	37.58	40.72	40.96	39.82	39.82	40.96	39.71	37.58	41.10	38.25	40.78	37.09	41.07	40.35	41.20	40.68	41.57	41.03	48.90	48.83	47.60	47.00
Fe	35.89	35.93	36.45	36.10	36.00	36.32	36.55	36.19	36.51	36.82	36.11	36.82	36.32	36.84	35.88	36.18	36.01	36.14	35.80	36.15	30.94	30.82	31.53	32.82
S	22.41	23.12	25.06	22.93	22.97	23.25	23.76	22.77	23.95	24.98	22.60	24.72	23.06	24.92	22.73	23.06	22.44	22.73	22.20	22.71	17.30	17.04	17.90	18.64
Co	0.02	0.08	0.00	0.02	0.01	0.04	0.00	0.03	0.06	0.02	0.00	0.01	0.00	0.01	0.01	0.03	0.03	0.00	0.01	0.00	1.88	1.92	1.48	1.03
Ni	0.03	0.01	0.02	0.09	0.00	0.05	0.00	0.00	0.03	0.01	0.00	0.07	0.01	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.00	1.77	1.66	1.60	1.28
Sb	0.00	0.13	0.68	0.07	0.29	0.00	0.12	0.00	0.40	0.52	0.05	0.05	0.02	0.77	0.14	0.00	0.09	0.41	0.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
W	0.07	0.00	0.24	0.00	0.00	0.12	0.04	0.01	0.12	0.00	0.11	0.00	0.11	0.07	0.15	0.00	0.00	0.00	0.06	0.08	0.13	0.00	0.00	0.00
Sn	0.00	0.01	0.00	0.02	0.00	0.00	0.01	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.07	0.01	0.00	0.00	0.02	0.03	0.00	0.00	0.00	0.02
Pb	0.04	0.00	0.09	0.00	0.03	0.01	0.12	0.04	0.08	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00	0.01	0.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.10
Au	0.01	0.08	0.09	0.09	0.00	0.09	0.05	0.16	0.00	0.04	0.20	0.02	0.15	0.00	0.01	0.05	0.02	0.00	0.18	0.08	0.00	0.00	0.01	0.01
Ag	0.00	0.02	0.02	0.02	0.00	0.01	0.00	0.04	0.03	0.00	0.02	0.02	0.01	0.06	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02
Cd	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00	0.05	0.04	0.02	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.06	0.02	0.00	0.00
Mo	0.00	0.03	0.00	0.02	0.03	0.02	0.00	0.00	0.05	0.01	0.03	0.00	0.04	0.00	0.00	0.02	0.02	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
In	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.00	0.00	0.04	0.00	0.04	0.02	0.01	0.02	0.00	0.01	0.02	0.02	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00
Zn	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.06	0.10	0.00	0.07	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.11	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00
Mn	0.00	0.02	0.03	0.00	0.00	0.01	0.04	0.02	0.00	0.02	0.00	0.02	0.03	0.02	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00
Te	0.00	0.00	0.00	0.03	0.02	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.03	0.00	0.01	0.03	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
Total	100.34	98.87	100.25	100.12	100.36	99.80	100.76	100.21	101.02	100.04	100.32	100.04	100.56	99.81	100.14	99.98	99.81	100.04	100.04	100.09	101.00	100.31	100.14	100.93
a.p.f.u. (cálculo na base de 3 posições)																								
As	0.881	0.834	0.774	0.854	0.858	0.834	0.825	0.860	0.820	0.773	0.865	0.788	0.852	0.766	0.864	0.846	0.870	0.856	0.880	0.863	1.082	1.088	1.053	1.025
Fe	1.014	1.019	1.007	1.016	1.012	1.021	1.016	1.019	1.012	1.017	1.019	1.018	1.018	1.020	1.013	1.018	1.020	1.020	1.016	1.020	0.918	0.922	0.935	0.960
S	1.103	1.142	1.206	1.124	1.124	1.138	1.150	1.117	1.156	1.201	1.111	1.190	1.125	1.202	1.118	1.130	1.107	1.117	1.098	1.116	0.894	0.887	0.925	0.950
Co	0.001	0.002	0.000	0.001	0.000	0.001	0.000	0.001	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.053	0.054	0.042	0.029
Ni	0.001	0.000	0.000	0.002	0.000	0.001	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.002	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.050	0.047	0.045	0.036
Sb	0.000	0.002	0.009	0.001	0.004	0.000	0.001	0.000	0.005	0.007	0.001	0.001	0.000	0.010	0.002	0.000	0.001	0.005	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
W	0.001	0.000	0.002	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.001	0.000	0.001	0.000	0.001	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000
Sn	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Pb	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001
Au	0.000	0.001	0.001	0.001	0.000	0.001	0.000	0.001	0.000	0.000	0.002	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000
Ag	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Cd	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000
Mo	0.000	0.001	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.001	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
In	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Zn	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.002	0.000	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.003	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Mn	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Te	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Posição S	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.977	0.976	0.978	0.974
Posição As	0.984	0.977	0.988	0.980	0.986	0.973	0.979	0.977	0.982	0.981	0.977	0.980	0.978	0.977	0.985	0.976	0.979	0.979	0.980	0.979	1.000	1.000	1.000	1.000
Posição Fe	1.016	1.023	1.012	1.020	1.014	1.027	1.021	1.023	1.018	1.019	1.023	1.020	1.022	1.023	1.015	1.024	1.021	1.021	1.020	1.021	1.023	1.024	1.022	1.026
S %	37	38	40	37	37	38	38	37	39	40	37	40	38	40	37	38	37	37	37	37	30	30	31	32
As %	29	28	26	28	29	28	28	29	27	26	29	26	28	26	29	28	29	29	29	29	36	36	35	34

ANEXO 2

Amostra	S1.37.70.L2_6													S1.76.95_4			S1.37.70.L2_8			S1.76.95.L2_5		
wt %	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	1	2	4	5	6	7	6	7	8
As	42.64	38.49	38.26	43.17	40.96	37.81	40.42	42.87	38.07	42.26	37.38	39.88	42.93	46.00	45.51	46.27	40.53	42.62	39.99	44.42	45.88	45.80
Fe	35.58	36.84	36.64	35.39	35.92	36.50	36.34	35.25	36.83	35.42	36.97	36.08	35.52	34.08	33.71	33.78	36.02	35.39	36.26	34.62	34.54	34.35
S	21.43	24.57	24.62	21.31	22.82	24.70	23.25	21.35	24.68	21.90	25.01	23.36	21.40	19.42	19.15	19.36	22.98	21.81	23.42	20.80	19.57	19.70
Co	0.19	0.02	0.01	0.22	0.03	0.03	0.02	0.25	0.00	0.36	0.01	0.03	0.17	0.28	0.32	0.18	0.03	0.19	0.03	0.08	0.22	0.18
Ni	0.06	0.05	0.02	0.11	0.00	0.01	0.02	0.11	0.05	0.18	0.06	0.01	0.11	0.72	0.71	0.50	0.06	0.04	0.04	0.68	0.43	0.56
Sb	0.00	0.41	0.34	0.00	0.00	0.46	0.00	0.02	0.48	0.01	0.60	0.08	0.01	0.02	0.00	0.03	0.05	0.03	0.01	0.00	0.03	0.00
W	0.32	0.06	0.00	0.00	0.16	0.09	0.11	0.00	0.05	0.00	0.07	0.00	0.00	0.06	0.00	0.00	0.15	0.08	0.14	0.08	0.08	0.00
Sn	0.00	0.02	0.04	0.02	0.04	0.00	0.01	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.01	0.00	0.03	0.01	0.00	0.00	0.00
Pb	0.00	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.07	0.02	0.00	0.00	0.12	0.02	0.00	0.07	0.12	0.06	0.09	0.00	0.00	0.03	0.00
Au	0.00	0.00	0.07	0.00	0.04	0.00	0.09	0.00	0.02	0.04	0.00	0.05	0.03	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.09	0.02	0.03	0.00
Ag	0.03	0.03	0.00	0.01	0.00	0.00	0.06	0.02	0.00	0.00	0.04	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.05	0.01	0.02	0.00	0.00	0.00
Cd	0.03	0.02	0.03	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.02	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.04	0.00	0.01	0.00	0.01
Mo	0.00	0.02	0.00	0.01	0.01	0.00	0.01	0.00	0.02	0.03	0.01	0.00	0.01	0.03	0.02	0.04	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.05
In	0.03	0.00	0.00	0.00	0.05	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.02	0.03	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.01	0.02	0.02	0.03	0.00
Zn	0.02	0.05	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.07	0.06	0.11	0.03	0.01	0.04	0.00	0.07	0.00	0.04
Mn	0.02	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.04	0.00	0.01	0.02	0.00	0.02	0.02	0.00	0.00	0.02	0.04	0.04	0.04	0.03	0.00	0.00
Te	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.09	0.00	0.05	0.00	0.05	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.00	0.00	0.02	0.02
Total	100.36	100.63	100.03	100.30	100.03	99.60	100.37	100.08	100.28	100.29	100.20	99.71	100.32	100.68	99.65	100.35	99.99	100.45	100.06	100.83	100.85	100.69
a.p.f.u. (cálculo na base de 3 posições)																						
As	0.907	0.792	0.790	0.919	0.861	0.783	0.844	0.914	0.784	0.894	0.768	0.836	0.913	0.996	0.997	1.007	0.851	0.903	0.835	0.948	0.991	0.989
Fe	1.016	1.017	1.015	1.011	1.014	1.014	1.018	1.009	1.018	1.006	1.019	1.015	1.013	0.990	0.990	0.986	1.015	1.006	1.016	0.991	1.001	0.995
S	1.065	1.181	1.188	1.060	1.121	1.195	1.134	1.064	1.188	1.083	1.201	1.144	1.063	0.983	0.980	0.984	1.127	1.080	1.143	1.037	0.988	0.994
Co	0.005	0.001	0.000	0.006	0.001	0.001	0.000	0.007	0.000	0.010	0.000	0.001	0.004	0.008	0.009	0.005	0.001	0.005	0.001	0.002	0.006	0.005
Ni	0.002	0.001	0.001	0.003	0.000	0.000	0.000	0.003	0.001	0.005	0.002	0.000	0.003	0.020	0.020	0.014	0.002	0.001	0.001	0.019	0.012	0.015
Sb	0.000	0.005	0.004	0.000	0.000	0.006	0.000	0.000	0.006	0.000	0.008	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
W	0.003	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.000
Sn	0.000	0.000	0.001	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Pb	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000
Au	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000
Ag	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Cd	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Mo	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001
In	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Zn	0.001	0.001	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.001	0.003	0.001	0.000	0.001	0.000	0.002	0.000	0.001
Mn	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.000	0.000
Te	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.001	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000
Posição S	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.983	0.980	0.992	1.000	1.000	1.000	1.000	0.988	0.994
Posição As	0.973	0.979	0.983	0.979	0.984	0.984	0.978	0.980	0.980	0.978	0.977	0.982	0.977	0.997	0.997	1.000	0.979	0.984	0.979	0.985	0.992	0.989
Posição Fe	1.027	1.021	1.017	1.021	1.016	1.016	1.022	1.020	1.020	1.022	1.023	1.018	1.023	1.021	1.023	1.008	1.021	1.016	1.021	1.015	1.020	1.017
S %	36	39	40	35	37	40	38	35	40	36	40	38	35	33	33	33	38	36	38	35	33	33
As %	30	26	26	31	29	26	28	30	26	30	26	28	30	33	33	34	28	30	28	32	33	33

ANEXO 2

Amostra	S1.76.75.L1_1																					
wt %	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
As	45.36	45.71	45.91	45.99	43.51	43.48	40.76	40.64	38.64	45.36	45.49	45.97	37.79	41.50	45.11	39.15	41.47	40.35	40.78	46.35	45.66	46.04
Fe	35.18	35.51	34.70	34.15	35.92	35.78	36.44	36.65	36.80	35.31	35.30	34.91	36.83	36.17	35.44	36.72	36.29	36.41	36.42	33.52	34.97	34.34
S	19.84	19.72	19.31	19.18	20.89	20.86	23.08	23.23	24.28	19.62	19.62	19.41	25.22	22.07	19.73	23.89	22.67	23.30	23.23	19.24	19.51	19.32
Co	0.06	0.03	0.10	0.08	0.00	0.01	0.03	0.01	0.03	0.02	0.14	0.08	0.07	0.03	0.04	0.01	0.05	0.02	0.04	0.77	0.10	0.16
Ni	0.04	0.05	0.40	0.64	0.02	0.01	0.03	0.05	0.02	0.02	0.09	0.24	0.04	0.03	0.11	0.08	0.00	0.00	0.00	0.90	0.13	0.55
Sb	0.00	0.03	0.00	0.00	0.01	0.05	0.10	0.07	0.38	0.04	0.00	0.02	0.44	0.05	0.04	0.15	0.02	0.17	0.06	0.01	0.00	0.00
W	0.10	0.02	0.01	0.09	0.04	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.16	0.02	0.00	0.00	0.17	0.11	0.00	0.00	0.00	0.05	0.00	0.08
Sn	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.02	0.04	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Pb	0.09	0.05	0.05	0.12	0.10	0.00	0.11	0.00	0.03	0.02	0.01	0.02	0.03	0.03	0.10	0.00	0.02	0.00	0.05	0.00	0.00	0.00
Au	0.05	0.03	0.00	0.01	0.03	0.00	0.01	0.07	0.00	0.12	0.00	0.00	0.01	0.00	0.05	0.06	0.05	0.11	0.05	0.05	0.06	0.07
Ag	0.00	0.00	0.01	0.01	0.02	0.00	0.00	0.04	0.00	0.00	0.02	0.00	0.06	0.05	0.00	0.02	0.00	0.00	0.03	0.00	0.02	0.00
Cd	0.00	0.00	0.00	0.03	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.02	0.00	0.03	0.02	0.03	0.00	0.02	0.00
Mo	0.05	0.04	0.04	0.00	0.01	0.04	0.07	0.06	0.05	0.05	0.02	0.04	0.00	0.05	0.00	0.07	0.00	0.04	0.01	0.05	0.02	0.03
In	0.02	0.00	0.03	0.00	0.00	0.01	0.03	0.00	0.00	0.06	0.01	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04
Zn	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.08	0.00	0.04	0.03	0.05	0.11	0.00	0.01	0.00	0.01	0.02	0.04	0.00	0.00	0.00	0.01
Mn	0.02	0.02	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.05	0.02	0.00	0.02	0.00	0.05	0.03	0.00	0.01	0.00	0.04
Te	0.08	0.03	0.00	0.01	0.02	0.03	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.02	0.04	0.07	0.04	0.05	0.02	0.00	0.00	0.01
Total	100.89	101.25	100.58	100.30	100.58	100.30	100.77	100.82	100.29	100.66	100.95	100.86	100.57	100.05	100.91	100.35	100.69	100.54	100.70	100.94	100.49	100.68
a.p.f.u. (cálculo na base de 3 posições)																						
As	0.977	0.982	0.996	1.002	0.928	0.929	0.850	0.845	0.799	0.980	0.981	0.994	0.773	0.878	0.972	0.812	0.868	0.841	0.849	1.004	0.989	0.998
Fe	1.017	1.023	1.010	0.998	1.028	1.026	1.019	1.022	1.020	1.024	1.021	1.012	1.011	1.026	1.025	1.022	1.019	1.018	1.017	0.974	1.016	0.999
S	0.999	0.990	0.979	0.977	1.041	1.042	1.124	1.128	1.173	0.991	0.988	0.980	1.206	1.091	0.994	1.158	1.109	1.134	1.130	0.974	0.987	0.979
Co	0.002	0.001	0.003	0.002	0.000	0.000	0.001	0.000	0.001	0.001	0.004	0.002	0.002	0.001	0.001	0.000	0.001	0.001	0.001	0.021	0.003	0.004
Ni	0.001	0.001	0.011	0.018	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000	0.001	0.002	0.007	0.001	0.001	0.003	0.002	0.000	0.000	0.000	0.025	0.004	0.015
Sb	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.001	0.005	0.001	0.000	0.000	0.006	0.001	0.000	0.002	0.000	0.002	0.001	0.000	0.000	0.000
W	0.001	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.002	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001
Sn	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Pb	0.001	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Au	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.001	0.001
Ag	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Cd	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Mo	0.001	0.001	0.001	0.000	0.000	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.000	0.001	0.000	0.001	0.000	0.001	0.000	0.001	0.000	0.001	0.000	0.001
In	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Zn	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.000	0.001	0.001	0.001	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000
Mn	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.001
Te	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000
Posição S	1.000	0.990	0.979	0.979	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.991	0.988	0.980	1.000	1.000	0.994	1.000	1.000	1.000	1.000	0.978	0.987	0.979
Posição As	0.977	0.982	0.997	1.000	0.970	0.973	0.975	0.974	0.976	0.982	0.981	0.994	0.985	0.970	0.974	0.973	0.978	0.978	0.981	1.000	0.989	0.999
Posição Fe	1.023	1.028	1.025	1.021	1.030	1.027	1.025	1.026	1.024	1.027	1.031	1.026	1.015	1.030	1.032	1.027	1.022	1.022	1.019	1.022	1.023	1.022
S %	33	33	33	33	35	35	37	38	39	33	33	33	40	36	33	39	37	38	38	32	33	33
As %	33	33	33	33	31	31	28	28	27	33	33	33	26	29	32	27	29	28	28	33	33	33

ANEXO 2

2.3.8. Pirite

Amostra	S1.25.00_2				S1.25.00_3				S1.25.00_5				S8.34.80_1			S8.34.80_3		S8.34.80_4			S8.35.75_3				
wt %	2	3	4	5	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	1	2	3	1	2	3	2	3		
S	53.26	52.59	53.07	53.01	53.71	53.50	53.39	53.48	53.86	53.70	53.62	53.59	52.73	53.14	53.86	53.06	52.46	52.48	53.05	53.09	53.46	52.67	52.96	52.34	52.61
Fe	46.62	46.12	46.30	46.44	46.43	46.54	46.62	46.44	46.48	46.65	46.40	46.65	45.77	46.22	46.57	46.03	45.90	44.40	46.11	46.15	46.31	46.10	46.21	45.90	45.86
As	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.04	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.03	0.00	0.00	
Ni	0.00	0.02	0.00	0.02	0.03	0.04	0.03	0.04	0.01	0.05	0.06	0.03	0.00	0.00	0.00	0.06	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.06	0.09	0.04	
Pb	0.04	0.00	0.03	0.00	0.05	0.06	0.02	0.00	0.05	0.00	0.02	0.00	0.25	0.12	0.01	0.09	0.18	0.00	0.11	0.00	0.06	0.02	0.05	0.12	0.00
W	0.02	0.07	0.00	0.17	0.13	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.07	0.01	0.00	0.12	0.09	0.20	0.00	0.02	0.00	0.20	0.00	0.00	0.17	0.09	0.14
Ga	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	
Au	0.02	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.04	0.00	0.00	0.03	0.02	0.04	0.00	0.01	0.02	0.01	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Ag	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.00	0.00	0.03	0.06	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.04	0.05	0.00	0.00	0.00	0.03	0.01	0.01	0.00
Ge	0.03	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cd	0.00	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.00	0.01	0.00	0.04	0.06	0.04	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04
Mo	0.06	0.08	0.08	0.03	0.04	0.05	0.03	0.07	0.06	0.08	0.05	0.06	0.08	0.03	0.05	0.00	0.00	0.00	0.05	0.04	0.08	0.04	0.03	0.07	0.01
In	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.03	0.01	0.02	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.02	
Sn	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.05	0.02	0.00	0.01	0.02	0.00	0.00	0.03	0.02	0.03	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.00
Se	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.02	0.00	0.00	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02
Zn	0.07	0.05	0.05	0.02	0.00	0.10	0.02	0.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.06	0.05	0.00	0.09	0.00	0.23	0.01	0.04	0.08	0.04	0.01	0.00	0.00
Sb	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.00	0.00	0.03	0.02	0.00	0.06	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.04	0.00
Mn	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.04	0.00	0.05	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.16	0.00	0.04	0.02	0.02	0.03	0.01	0.00	0.00
Co	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.01	0.03	0.03	0.04	0.01	0.02	0.01	0.01	0.02	0.03	0.00	0.00	0.00	0.02	0.01	0.02	0.01	0.02	0.00
Te	0.02	0.00	0.01	0.01	0.01	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.03	0.00	0.02	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.05	0.00	0.00	0.02	0.00
Cu	0.00	0.00	0.00	0.03	0.05	0.00	0.00	0.01	0.00	0.03	0.00	0.02	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total	100.15	98.95	99.60	99.75	100.52	100.38	100.21	100.28	100.61	100.73	100.45	100.46	99.05	99.82	100.69	99.59	98.89	97.30	99.46	99.57	100.11	98.96	99.58	98.72	98.74
a.p.f.u. (cálculo com base em 3 posições)																									
S	1.994	1.993	1.997	1.994	2.002	1.998	1.996	1.998	2.004	1.998	2.001	1.998	1.999	1.998	2.003	1.999	1.992	2.015	1.999	1.999	2.001	1.995	1.996	1.992	1.997
Fe	1.002	1.004	1.000	1.003	0.994	0.998	1.001	0.996	0.993	0.997	0.994	0.999	0.996	0.998	0.994	0.996	1.001	0.979	0.998	0.998	0.995	1.003	1.000	1.003	1.000
As	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000
Ni	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.001	0.001	0.000	0.001	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.002	0.001	0.001
Pb	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000	0.001	0.001	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000
W	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.001	0.001	0.001
Ga	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Au	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Ag	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Ge	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Cd	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Mo	0.001	0.001	0.001	0.000	0.001	0.001	0.000	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.001	0.001	0.000	0.001	0.000
In	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Sn	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Se	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Zn	0.001	0.001	0.001	0.000	0.000	0.002	0.000	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000	0.002	0.000	0.004	0.000	0.001	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000
Sb	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Mn	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.004	0.000	0.001	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000
Co	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.001	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Te	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Cu	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

ANEXO 2

Amostra	S8.35.75_4			S1.36.80.L2_5				S1.82.39.L1_2				S1.82.39.L1_3				S1.82.39.L1_4				S8.44.15.L2_1					
wt %	1	2	3	1	2	3	4	1	2	3	1	3	4	5	6	7	8	10	1	2	3	4	1	2	3
S	52.99	53.35	51.39	53.25	53.52	54.00	53.84	53.08	50.86	52.53	53.18	52.48	52.75	52.61	52.85	52.01	50.74	52.83	52.08	51.76	51.24	51.75	53.60	53.73	53.67
Fe	46.53	46.81	45.76	46.35	46.75	46.66	46.62	46.14	46.98	45.94	46.58	46.78	46.00	46.62	46.77	47.13	47.23	46.56	46.05	45.33	44.97	45.39	46.07	46.38	46.17
As	0.00	0.00	0.01	0.02	0.02	0.05	0.02	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.02	0.00	0.00	0.00	1.05	0.42	0.40	0.56	0.00	0.00	0.01
Ni	0.02	0.04	0.09	0.00	0.00	0.00	0.00	0.99	0.85	1.00	0.05	0.00	0.51	0.03	0.06	0.05	0.29	0.06	0.41	0.21	0.25	0.36	0.02	0.00	0.06
Pb	0.09	0.06	0.00	0.14	0.01	0.00	0.04	0.00	0.06	0.00	0.07	0.06	0.07	0.01	0.00	0.00	0.00	0.07	0.04	0.00	0.18	0.07	0.06	0.00	0.03
W	0.00	0.00	0.11	0.03	0.00	0.07	0.00	0.19	0.00	0.25	0.08	0.00	0.06	0.05	0.14	0.00	0.00	0.06	0.00	0.00	0.00	0.07	0.05	0.00	0.00
Ga	0.00	0.00	0.02	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.04	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.02	0.00
Au	0.02	0.05	0.00	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.02	0.05	0.00	0.02	0.00	0.00	0.01	0.05	0.06	0.01	0.05	0.03	0.00	0.04	0.01	0.01	0.00
Ag	0.05	0.00	0.01	0.00	0.03	0.01	0.05	0.05	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00
Ge	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cd	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.02	0.01	0.05	0.00	0.02	0.00	0.00	0.06	0.00	0.00	0.00	0.04	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mo	0.02	0.00	0.05	0.06	0.03	0.06	0.07	0.01	0.04	0.00	0.04	0.05	0.09	0.07	0.07	0.05	0.05	0.06	0.01	0.04	0.05	0.08	0.07	0.00	0.02
In	0.04	0.02	0.00	0.03	0.02	0.01	0.04	0.01	0.00	0.02	0.04	0.02	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.02	0.06	0.02	0.02	0.00	0.00	0.01	0.02
Sn	0.00	0.06	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.04	0.02	0.00	0.00	0.04	0.03	0.01	0.00	0.00	0.05	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00	0.02	0.01	0.00
Se	0.01	0.04	0.02	0.01	0.00	0.02	0.02	0.00	0.00	0.03	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.01	0.02	0.00
Zn	0.00	0.03	0.07	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.05	0.01	0.05	0.01	0.00	0.01	0.00	0.05	0.00	0.01	0.01	0.08	0.09	0.00	0.00	0.00	0.00
Sb	0.00	0.03	0.02	0.00	0.00	0.04	0.03	0.00	0.00	0.02	0.00	0.01	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.04	0.00	0.03	0.04	0.00	0.02	0.02	0.05
Mn	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.01	0.01	0.00	0.05	0.00	0.04	0.02	0.00	0.03	0.01	0.00	0.04	0.06	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00
Co	0.01	0.00	0.03	0.00	0.04	0.01	0.00	0.10	0.04	0.07	0.00	0.03	0.05	0.02	0.03	0.03	0.04	0.06	0.14	0.00	0.02	0.02	0.02	0.01	0.03
Te	0.00	0.00	0.01	0.00	0.06	0.00	0.02	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.03	0.02	0.01	0.02
Cu	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00
Total	99.78	100.48	97.58	99.93	100.50	101.01	100.76	100.68	98.97	100.02	100.13	99.52	99.63	99.50	99.99	99.46	98.51	99.82	100.01	97.97	97.27	98.42	99.99	100.21	100.06
a.p.f.u. (cálculo com base em 3 posições)																									
S	1.993	1.993	1.981	1.998	1.996	2.002	2.002	1.984	1.946	1.979	1.993	1.982	1.989	1.986	1.986	1.970	1.949	1.988	1.969	1.986	1.984	1.982	2.006	2.005	2.006
Fe	1.005	1.004	1.013	0.999	1.001	0.994	0.995	0.990	1.032	0.994	1.002	1.015	0.996	1.011	1.009	1.025	1.042	1.006	1.000	0.999	1.000	0.998	0.990	0.994	0.991
As	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.017	0.007	0.007	0.009	0.000	0.000	0.000
Ni	0.000	0.001	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.020	0.018	0.021	0.001	0.000	0.010	0.001	0.001	0.001	0.006	0.001	0.008	0.004	0.005	0.008	0.000	0.000	0.001
Pb	0.001	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000
W	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.002	0.001	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Ga	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Au	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Ag	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Ge	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Cd	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Mo	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.000	0.001	0.001	0.001	0.001	0.000	0.000
In	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Sn	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Se	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Zn	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.001	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000
Sb	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Mn	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.001	0.001	0.000	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Co	0.000	0.000	0.001	0.000	0.001	0.000	0.000	0.002	0.001	0.001	0.000	0.001	0.001	0.000	0.001	0.001	0.001	0.001	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001
Te	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Cu	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

ANEXO 2

Amostra	S1.37.70.L1_8				S8.68.80_6				S11.70.40_1					S11.70.40_2				S11.70.40_4				S11.70.40_5			
wt %	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	5	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
S	52.90	53.12	52.97	53.12	53.49	53.34	53.66	53.34	50.84	51.31	50.72	50.81	53.29	53.26	53.22	53.07	53.25	52.69	51.71	51.71	52.45	51.50	51.21	51.30	51.07
Fe	46.62	46.43	46.45	46.37	46.19	46.22	46.16	45.95	44.23	44.71	44.19	44.80	46.06	46.20	46.18	45.42	46.05	45.39	45.17	44.36	45.40	44.81	44.49	44.44	44.72
As	0.01	0.00	0.01	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	3.21	2.87	3.27	2.93	0.01	0.02	0.02	0.06	0.00	0.01	0.00	0.00	0.02	2.52	2.77	2.82	2.73
Ni	0.05	0.13	0.09	0.03	0.01	0.06	0.09	0.14	0.06	0.16	0.14	0.07	0.00	0.16	0.16	0.56	0.31	0.11	0.07	0.09	0.07	0.03	0.04	0.09	0.08
Pb	0.00	0.09	0.00	0.03	0.07	0.04	0.07	0.09	0.40	0.30	0.48	0.19	0.00	0.05	0.10	0.02	0.03	0.15	0.19	0.23	0.39	0.29	0.37	0.35	0.42
W	0.11	0.11	0.10	0.00	0.00	0.15	0.00	0.00	0.01	0.02	0.00	0.00	0.06	0.00	0.02	0.06	0.06	0.00	0.15	0.18	0.00	0.00	0.00	0.23	0.03
Ga	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.01	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Au	0.01	0.01	0.01	0.04	0.00	0.03	0.00	0.02	0.03	0.04	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.06	0.00	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ag	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.04	0.01	0.04	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.01
Ge	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cd	0.02	0.00	0.06	0.00	0.00	0.05	0.03	0.00	0.01	0.02	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00
Mo	0.02	0.01	0.01	0.00	0.02	0.00	0.02	0.02	0.02	0.00	0.00	0.02	0.03	0.00	0.00	0.01	0.04	0.02	0.04	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00
In	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.06	0.01	0.01	0.03	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.04	0.01	0.02	0.00	0.02	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
Sn	0.00	0.00	0.04	0.00	0.03	0.00	0.01	0.03	0.00	0.01	0.03	0.06	0.00	0.00	0.07	0.00	0.00	0.00	0.06	0.00	0.04	0.00	0.00	0.04	0.00
Se	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00
Zn	0.00	0.00	0.01	0.08	0.01	0.00	0.11	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.09	0.00	0.00	0.01	0.00	0.12	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00
Sb	0.03	0.00	0.00	0.00	0.01	0.02	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.03	0.00	0.02	0.00	0.04	0.00	0.01	0.00	0.04	0.00
Mn	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.03	0.00	0.01	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.02	0.02	0.02	0.01	0.00
Co	0.03	0.07	0.03	0.02	0.02	0.01	0.02	0.03	0.01	0.07	0.09	0.02	0.06	0.09	0.09	0.20	0.12	0.05	0.06	0.05	0.05	0.01	0.03	0.04	0.06
Te	0.03	0.00	0.00	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.02	0.04	0.01	0.01	0.03	0.03
Cu	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total	99.84	99.99	99.77	99.68	99.94	100.04	100.18	99.70	98.90	99.55	98.96	98.96	99.53	99.92	99.95	99.47	99.98	98.44	97.63	96.71	98.50	99.21	98.97	99.40	99.14
a.p.f.u. (cálculo com base em 3 posições)																									
S	1.990	1.994	1.992	1.996	2.004	2.000	2.004	2.003	1.962	1.963	1.958	1.956	2.003	1.997	1.997	1.999	1.997	2.004	1.992	2.006	1.999	1.971	1.968	1.967	1.963
Fe	1.007	1.001	1.003	1.001	0.993	0.995	0.990	0.991	0.980	0.982	0.980	0.990	0.994	0.995	0.995	0.983	0.992	0.991	0.999	0.988	0.994	0.985	0.982	0.978	0.987
As	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.053	0.047	0.054	0.048	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.041	0.045	0.046	0.045
Ni	0.001	0.003	0.002	0.001	0.000	0.001	0.002	0.003	0.001	0.003	0.003	0.001	0.000	0.003	0.003	0.011	0.006	0.002	0.001	0.002	0.002	0.001	0.001	0.002	0.002
Pb	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.002	0.002	0.003	0.001	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.001	0.001	0.001	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002
W	0.001	0.001	0.001	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.002	0.000
Ga	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Au	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Ag	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Ge	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Cd	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Mo	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
In	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Sn	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Se	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Zn	0.000	0.000	0.000	0.002	0.000	0.000	0.002	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Sb	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Mn	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000
Co	0.001	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.002	0.002	0.000	0.001	0.002	0.002	0.004	0.002	0.001	0.001	0.001	0.001	0.000	0.001	0.001	0.001
Te	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Cu	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

ANEXO 2

Amostra	S8.68.80_2			S11.70.40_3			S13.70.L1_5					S13.70.L1_6					S13.70.L1_4								
wt %	1	2	3	1	2	3	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5
S	52.86	52.52	52.76	52.77	52.43	52.32	53.30	53.11	53.03	54.01	52.89	53.42	52.92	53.27	53.11	53.47	53.21	53.27	53.57	53.23	52.84	52.72	52.92	53.35	50.94
Fe	45.69	45.77	45.64	45.43	45.56	45.44	46.73	46.29	46.58	46.57	46.50	46.85	46.48	46.40	45.92	46.48	45.97	45.97	46.32	46.00	45.77	46.14	45.98	46.16	45.30
As	0.94	1.03	0.58	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.01	0.36	0.00	0.00	0.00	0.02	0.02	0.00	0.04	0.41
Ni	0.23	0.41	0.17	0.11	0.07	0.07	0.02	0.06	0.07	0.03	0.08	0.05	0.11	0.07	0.14	0.02	0.00	0.24	0.17	0.13	0.03	0.00	0.09	0.02	0.02
Pb	0.03	0.00	0.14	0.43	0.38	0.43	0.00	0.00	0.04	0.00	0.05	0.00	0.04	0.08	0.09	0.01	0.11	0.05	0.05	0.08	0.09	0.11	0.25	0.02	0.40
W	0.17	0.10	0.00	0.28	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.14	0.12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ga	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.02
Au	0.05	0.00	0.00	0.00	0.02	0.04	0.01	0.08	0.00	0.00	0.00	0.05	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03
Ag	0.00	0.00	0.05	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.08	0.03	0.03	0.00	0.00	0.00	0.05	0.00	0.06	0.00	0.00
Ge	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cd	0.00	0.05	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.02	0.02	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00
Mo	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.07	0.03	0.03	0.04	0.00	0.02	0.04	0.02	0.01	0.00	0.03	0.08	0.01	0.01	0.02	0.07
In	0.05	0.01	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.02	0.01	0.00	0.03	0.02	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.06	0.00	0.00	0.04
Sn	0.00	0.02	0.01	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.01	0.05	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Se	0.00	0.00	0.02	0.00	0.01	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.03	0.00	0.02	0.04	0.00	0.02	0.00	0.02	0.02	0.00
Zn	0.02	0.02	0.08	0.04	0.00	0.03	0.00	0.00	0.01	0.06	0.09	0.01	0.00	0.00	0.03	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.02	0.00	0.01
Sb	0.01	0.00	0.00	0.00	0.03	0.01	0.03	0.02	0.00	0.00	0.00	0.04	0.00	0.02	0.00	0.00	0.01	0.00	0.05	0.02	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00
Mn	0.01	0.02	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.01	0.00	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02
Co	0.06	0.09	0.10	0.03	0.02	0.04	0.02	0.05	0.02	0.01	0.04	0.02	0.03	0.03	0.02	0.03	0.00	0.09	0.06	0.05	0.03	0.03	0.02	0.03	0.03
Te	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cu	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.00	0.00	0.00	0.11	0.09	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total	100.10	100.03	99.54	99.09	98.55	98.42	100.18	99.70	99.85	100.78	99.70	100.53	99.67	99.87	99.68	100.16	99.81	99.83	100.54	99.66	98.94	99.12	99.39	99.65	97.30
a.p.f.u. (cálculo com base em 3 posições)																									
S	1.989	1.980	1.992	2.002	1.998	1.997	1.994	1.997	1.992	2.005	1.990	1.993	1.991	1.998	1.999	1.999	1.999	2.000	1.999	2.001	2.001	1.995	1.998	2.003	1.977
Fe	0.987	0.991	0.990	0.990	0.997	0.996	1.004	0.999	1.005	0.992	1.005	1.004	1.004	0.999	0.992	0.998	0.992	0.991	0.992	0.993	0.995	1.002	0.997	0.995	1.010
As	0.015	0.017	0.009	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.006	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.007	
Ni	0.005	0.008	0.004	0.002	0.001	0.001	0.000	0.001	0.001	0.001	0.002	0.001	0.002	0.001	0.003	0.000	0.000	0.005	0.003	0.003	0.001	0.000	0.002	0.000	0.000
Pb	0.000	0.000	0.001	0.003	0.002	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000	0.002
W	0.001	0.001	0.000	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Ga	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Au	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Ag	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.001	0.000	0.000
Ge	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Cd	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Mo	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.001
In	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000
Sn	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Se	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Zn	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.001	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Sb	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Mn	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Co	0.001	0.002	0.002	0.001	0.000	0.001	0.000	0.001	0.000	0.000	0.001	0.000	0.001	0.001	0.000	0.001	0.000	0.002	0.001	0.001	0.001	0.001	0.000	0.001	0.001
Te	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Cu	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.002	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

ANEXO 2

[illegible]

ANEXO 2

Amostra	S1.37.70.L1_7						S8.34.80_5				S8.44.15.L2_3				S8.44.15.L2_4		S8.44.15.L2_5			
wt %	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	1	2	3	4
S	52.84	53.36	53.00	52.74	52.86	53.38	53.16	52.52	52.79	52.56	53.38	52.94	53.14	52.90	53.81	53.79	53.25	53.18	53.57	53.44
Fe	46.46	46.52	46.37	46.31	46.24	46.01	46.28	46.23	46.25	46.24	46.11	46.18	46.19	45.88	46.54	46.83	46.13	45.84	46.31	46.26
As	0.00	0.00	0.02	0.14	0.00	0.01	0.02	0.04	0.00	0.01	0.01	0.03	0.02	0.02	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00
Ni	0.11	0.11	0.08	0.02	0.02	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.11	0.00	0.01	0.00	0.15	0.02	0.05
Pb	0.09	0.03	0.00	0.08	0.07	0.09	0.04	0.03	0.03	0.16	0.07	0.00	0.05	0.03	0.02	0.00	0.00	0.10	0.02	0.00
W	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.31	0.06	0.00	0.15	0.00	0.07	0.00	0.14	0.00	0.00	0.06	0.08	0.07	0.00	0.00
Ga	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.02	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
Au	0.04	0.04	0.04	0.03	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.02	0.05	0.01	0.02	0.01	0.00	0.00	0.03	0.00	0.02
Ag	0.00	0.00	0.01	0.00	0.03	0.00	0.04	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.03	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ge	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cd	0.00	0.02	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.01	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
Mo	0.03	0.00	0.02	0.00	0.03	0.02	0.01	0.01	0.01	0.06	0.02	0.00	0.03	0.01	0.01	0.00	0.04	0.04	0.01	0.05
In	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.03	0.06	0.00	0.02	0.02	0.00	0.02	0.00	0.00
Sn	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.03	0.04	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00
Se	0.02	0.01	0.00	0.05	0.00	0.01	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Zn	0.00	0.00	0.04	0.00	0.00	0.06	0.06	0.01	0.02	0.05	0.04	0.00	0.02	0.00	0.00	0.03	0.00	0.03	0.00	0.00
Sb	0.00	0.00	0.01	0.00	0.05	0.03	0.00	0.06	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mn	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.02	0.00	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00
Co	0.01	0.04	0.05	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.04	0.02	0.01	0.06	0.04	0.00	0.03	0.00	0.01	0.02	0.05	0.01
Te	0.00	0.01	0.06	0.00	0.00	0.00	0.03	0.02	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.04	0.00
Cu	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total	99.61	100.16	99.71	99.40	99.31	99.97	99.76	99.00	99.32	99.18	99.76	99.38	99.73	99.09	100.56	100.78	99.53	99.54	100.01	99.83
a.p.f.u. (cálculo com base em 3 posições)																				
S	1.991	1.996	1.994	1.991	1.995	2.003	1.997	1.991	1.994	1.990	2.004	1.996	1.998	2.000	2.003	1.999	2.003	2.002	2.004	2.003
Fe	1.005	0.999	1.001	1.004	1.002	0.991	0.999	1.006	1.003	1.005	0.994	1.000	0.997	0.996	0.995	0.999	0.996	0.991	0.994	0.995
As	0.000	0.000	0.000	0.002	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Ni	0.002	0.002	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.000	0.000	0.000	0.003	0.000	0.001
Pb	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000
W	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000
Ga	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Au	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Ag	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Ge	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Cd	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Mo	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000	0.001
In	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Sn	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Se	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Zn	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.001	0.000	0.000
Sb	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Mn	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.001	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Co	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000
Te	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Cu	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

ANEXO 2

2.3.9. Pirrotite

Amostra	S1.81.60_3				S1.81.60_4				S1.76.95.L2_3						S1.82.39.L1_2						S1.82.39.L1_5							
wt %	1	2	3	4	1	2	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	7	8		
Fe	58.84	59.00	58.61	56.76	59.04	58.11	60.46	60.40	60.41	60.08	59.45	59.51	60.04	60.27	60.03	60.33	60.36	59.86	59.83	59.90	60.10	60.09	60.04	60.10	59.98	59.92		
S	39.74	39.81	39.74	41.14	39.53	39.74	39.63	39.45	39.41	39.96	39.31	40.70	40.06	39.87	39.85	39.84	39.79	39.80	39.85	39.80	39.85	39.98	39.86	39.88	40.04	40.05		
Cu	0.47	0.47	1.00	0.85	0.41	0.57	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00			
Ni	0.00	0.11	0.06	0.00	0.05	0.10	0.24	0.33	0.25	0.08	0.18	0.13	0.09	0.09	0.16	0.13	0.12	0.12	0.30	0.25	0.27	0.20	0.20	0.26	0.23	0.30		
Pb	0.00	0.06	0.21	0.00	0.03	0.08	0.04	0.00	0.05	0.18	0.08	0.06	0.08	0.13	0.00	0.06	0.04	0.05	0.00	0.01	0.06	0.04	0.19	0.11	0.10	0.03		
W	0.00	0.00	0.00	0.07	0.00	0.02	0.06	0.18	0.00	0.05	0.01	0.19	0.15	0.04	0.00	0.01	0.00	0.11	0.00	0.08	0.00	0.00	0.08	0.11	0.00	0.06		
Mo	0.06	0.10	0.06	0.05	0.06	0.04	0.03	0.11	0.09	0.07	0.07	0.06	0.02	0.07	0.04	0.06	0.08	0.09	0.09	0.08	0.02	0.03	0.07	0.08	0.02	0.08		
Ga	0.00	0.00	0.04	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.02	0.00	0.05	0.00	0.00		
Au	0.02	0.03	0.04	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.04	0.00	0.01	0.00	0.01	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.04	0.00	0.05	0.00	0.05		
Ag	0.02	0.04	0.00	0.00	0.04	0.00	0.00	0.01	0.02	0.00	0.01	0.01	0.00	0.02	0.00	0.04	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	0.01	0.00		
Ge	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.04	0.00	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00		
Cd	0.02	0.05	0.00	0.02	0.00	0.00	0.02	0.00	0.03	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00		
In	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.06	0.03	0.02	0.00	0.00	0.00	0.04	0.01	0.05	0.01	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00	0.01	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00		
As	0.00	0.03	0.00	0.02	0.00	0.00	0.01	0.03	0.02	0.00	0.00	0.00	0.04	0.02	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.02	0.01	0.00		
Sn	0.00	0.05	0.04	0.12	0.00	0.01	0.00	0.02	0.02	0.00	0.01	0.01	0.00	0.05	0.05	0.00	0.00	0.05	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.04	0.00		
Se	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.01	0.00	0.02	0.03	0.04	0.02	0.01	0.02	0.01	0.03	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.05		
Zn	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.01	0.07	0.00	0.16	0.00	0.00	0.05	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.04	0.00	0.05	0.00	0.00	0.00	0.05	0.00	0.00		
Sb	0.00	0.00	0.06	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.03	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.03	0.01	0.00	0.00	0.00	0.02		
Mn	0.05	0.00	0.04	0.01	0.01	0.00	0.07	0.00	0.02	0.02	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.00	0.02	0.00		
Co	0.05	0.04	0.05	0.03	0.04	0.05	0.00	0.04	0.02	0.02	0.05	0.04	0.02	0.02	0.04	0.03	0.02	0.06	0.03	0.00	0.05	0.03	0.04	0.07	0.04	0.03		
Te	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.06	0.00	0.08	0.00	0.02	0.04	0.01		
Total	99.26	99.78	99.99	99.02	99.21	98.85	100.65	100.59	100.61	100.49	99.24	100.88	100.58	100.68	100.23	100.57	100.47	100.18	100.12	100.28	100.44	100.56	100.65	100.71	100.62	100.59		
a.p.f.u. (cálculo com base em 1 S)																												
Fe	0.850	0.851	0.847	0.792	0.858	0.840	0.876	0.879	0.880	0.863	0.868	0.840	0.860	0.868	0.865	0.869	0.871	0.864	0.862	0.864	0.866	0.863	0.865	0.865	0.860	0.859		
S	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000		
Cu	0.006	0.006	0.013	0.010	0.005	0.007	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000		
Ni	0.000	0.001	0.001	0.000	0.001	0.001	0.003	0.005	0.003	0.001	0.002	0.002	0.001	0.001	0.002	0.002	0.002	0.002	0.004	0.003	0.004	0.003	0.003	0.004	0.003	0.004		
Pb	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000		
W	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000		
Mo	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.000	0.001	0.000	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000	0.001		
Ga	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000		
Au	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000		
Ag	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000		
Ge	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000		
Cd	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000		
In	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000		
As	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000		
Sn	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000		
Se	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001		
Zn	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.002	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000		
Sb	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000		
Mn	0.001	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000		
Co	0.001	0.001	0.001	0.000	0.001	0.001	0.000	0.001	0.000																			

ANEXO 2

2.3.10. Galena

Amostra	S11.70.40_2							S11.70.40_3			S11.70.40_4				S11.70.40_1		
wt %	1	2	3	4	5	6	8	1	2	1	2	3	4	1	2	3	
Pb	87.35	87.22	87.32	87.76	87.19	87.97	87.68	87.89	87.75	87.69	87.47	86.53	86.75	87.52	87.15	87.93	
S	13.45	13.52	13.55	13.44	13.45	13.57	13.44	13.58	13.48	13.60	13.59	13.64	13.56	13.42	13.58	13.50	
Sb	0.00	0.03	0.01	0.01	0.03	0.09	0.04	0.00	0.01	0.07	0.06	0.03	0.05	0.00	0.01	0.04	
Fe	0.02	0.00	0.00	0.02	0.08	0.03	0.16	0.05	0.04	0.02	0.00	0.04	0.00	0.04	0.00	0.05	
Ag	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.01	0.00	0.01	0.02	0.00	0.00	0.00	
Ga	0.00	0.00	0.03	0.04	0.00	0.02	0.04	0.05	0.03	0.01	0.00	0.05	0.00	0.03	0.01	0.05	
Ge	0.04	0.02	0.04	0.04	0.05	0.03	0.06	0.02	0.05	0.00	0.02	0.02	0.02	0.01	0.08	0.01	
Ni	0.07	0.08	0.00	0.00	0.04	0.02	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00	0.04	0.04	0.00	0.00	0.00	
Se	0.00	0.01	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.03	
Zn	0.04	0.00	0.00	0.00	0.09	0.00	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.08	
Te	0.07	0.09	0.01	0.05	0.04	0.04	0.05	0.06	0.03	0.03	0.00	0.04	0.04	0.06	0.01	0.03	
Total	101.03	100.97	100.96	101.35	100.97	101.76	101.55	101.69	101.43	101.43	101.13	100.41	100.49	101.08	100.89	101.71	
a.p.f.u. (cálculo com base em 2 posições)																	
Pb	0.999	0.996	0.997	1.003	0.996	0.999	0.998	0.997	1.001	0.997	0.997	0.987	0.993	1.003	0.994	1.000	
S	0.994	0.998	1.000	0.993	0.993	0.995	0.988	0.996	0.993	0.999	1.001	1.006	1.003	0.993	1.001	0.992	
Sb	0.000	0.001	0.000	0.000	0.001	0.002	0.001	0.000	0.000	0.001	0.001	0.001	0.001	0.000	0.000	0.001	
Fe	0.001	0.000	0.000	0.001	0.003	0.001	0.007	0.002	0.002	0.001	0.000	0.002	0.000	0.002	0.000	0.002	
Ag	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	
Ga	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000	0.001	0.001	0.002	0.001	0.000	0.000	0.002	0.000	0.001	0.000	0.002	
Ge	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.002	0.001	0.001	0.000	0.001	0.001	0.001	0.000	0.002	0.000	
Ni	0.003	0.003	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.002	0.002	0.000	0.000	0.000	
Se	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	
Zn	0.001	0.000	0.000	0.000	0.003	0.000	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.003	
Te	0.001	0.002	0.000	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.000	0.001	0.001	0.001	0.000	0.000	
Posição Pb	1.001	0.996	0.997	1.004	1.003	1.002	1.008	0.999	1.003	1.000	0.998	0.990	0.994	1.004	0.996	1.005	

ANEXO 2

2.3.11. Esfalerite

Amostra	S8.34.80_2				S8.34.80_3		S8.35.75_1			S1.76.95.L2_2			S1.76.95.L2_3		S1.76.95.L2_6					S11.70.40_2				S11.70.40_5	
wt %	1	2	3	4	2	3	1	2	3	1	2	5	1	2	1	2	3	4	5	1	2	3	4	1	2
Zn	53.88	54.05	53.96	54.96	55.13	54.96	55.82	56.21	56.49	57.56	57.30	56.91	58.74	58.48	56.60	56.43	56.44	56.38	56.20	57.70	57.17	57.57	57.21	56.99	57.58
S	33.24	33.28	33.11	33.41	33.59	33.39	33.60	33.52	33.72	33.61	32.43	33.45	33.67	33.63	33.72	33.70	33.81	33.70	33.41	33.63	33.58	33.65	33.66	33.71	33.60
Fe	8.59	8.59	8.51	8.09	8.33	8.18	9.48	9.58	9.41	7.23	6.99	8.34	6.50	7.53	7.05	6.72	6.89	7.18	6.92	7.49	7.53	7.76	7.77	7.45	7.54
Cd	0.87	0.86	0.87	0.90	0.90	0.94	0.88	1.02	0.88	0.60	0.61	0.40	0.35	0.41	0.42	0.42	0.42	0.38	0.51	1.67	1.68	1.73	1.79	1.65	1.74
Cu	0.01	0.00	0.00	0.00	1.91	1.79	0.01	0.00	0.18	0.00	0.00	0.21	0.07	0.03	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mn	0.41	0.46	0.40	0.42	0.42	0.41	0.44	0.40	0.39	0.06	0.06	0.06	0.04	0.06	0.05	0.08	0.01	0.03	0.04	0.02	0.02	0.03	0.04	0.06	0.04
W	0.00	0.05	0.26	0.23	0.02	0.00	0.14	0.00	0.07	0.00	0.23	0.00	0.13	0.00	0.00	0.12	0.01	0.01	0.00	0.33	0.11	0.00	0.05	0.00	0.11
Sn	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.02	0.00	0.02	0.03	0.00	0.04
Pb	0.02	0.00	0.09	0.00	0.00	0.03	0.07	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.06	0.00	0.12	0.00	0.10	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Au	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.05	0.00	0.07	0.00
Ag	0.00	0.00	0.02	0.02	0.00	0.02	0.01	0.05	0.05	0.03	0.05	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.03	0.04	0.00	0.00	0.02	0.02
Ge	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.04	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.01	0.00
Mo	0.07	0.09	0.08	0.06	0.09	0.06	0.07	0.02	0.08	0.10	0.11	0.08	0.07	0.06	0.08	0.11	0.08	0.09	0.09	0.09	0.08	0.05	0.06	0.04	0.06
In	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.05	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
As	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.00	0.23	0.54	0.01	0.02	0.00	0.01	0.08	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00
Ni	0.05	0.00	0.01	0.01	0.03	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.05	0.00	0.00	0.01	0.04	0.02	0.02	0.04	0.05	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00
Se	0.00	0.05	0.03	0.00	0.01	0.00	0.00	0.05	0.02	0.00	0.00	0.01	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.01	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00
Sb	0.00	0.01	0.03	0.04	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Co	0.01	0.03	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.01	0.01	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.04	0.00	0.01	0.00
Te	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.01	0.06	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03
Total	97.19	97.46	97.38	98.19	100.45	99.90	100.54	100.94	101.31	99.24	98.01	100.14	99.68	100.30	97.93	97.75	97.95	98.00	97.28	101.04	100.28	100.91	100.61	100.01	100.76
a.p.f.u. (cálculo com base em 2 posições)																									
Zn	0.811	0.812	0.813	0.822	0.808	0.811	0.817	0.821	0.821	0.852	0.865	0.837	0.867	0.858	0.845	0.845	0.843	0.842	0.846	0.847	0.843	0.844	0.841	0.841	0.846
S	1.020	1.019	1.018	1.018	1.004	1.004	1.003	0.998	1.000	1.014	0.999	1.002	1.013	1.006	1.026	1.029	1.029	1.026	1.025	1.006	1.010	1.006	1.009	1.014	1.007
Fe	0.151	0.151	0.150	0.142	0.143	0.141	0.162	0.164	0.160	0.125	0.124	0.143	0.112	0.129	0.123	0.118	0.120	0.126	0.122	0.129	0.130	0.133	0.134	0.129	0.130
Cd	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.007	0.009	0.007	0.005	0.005	0.003	0.003	0.003	0.004	0.004	0.004	0.003	0.004	0.014	0.014	0.015	0.015	0.014	0.015
Cu	0.000	0.000	0.000	0.000	0.029	0.027	0.000	0.000	0.003	0.000	0.000	0.003	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Mn	0.007	0.008	0.007	0.007	0.007	0.007	0.008	0.007	0.007	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.000	0.000	0.001	0.001	0.001	0.001
W	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.001	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.002	0.001	0.000	0.000	0.000	0.001
Sn	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Pb	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Au	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Ag	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Ge	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Mo	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.000	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.000	0.001
In	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
As	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.003	0.007	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Ni	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Se	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Sb	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Co	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000
Te	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Posição Zn	0.970	0.970	0.971	0.971	0.958	0.960	0.987	0.993	0.989	0.983	0.994	0.984	0.982	0.991	0.972	0.966	0.967	0.971	0.972	0.989	0.988	0.992	0.990	0.984	0.991

ANEXO 2

Amostra	S8.68.80.L2_2			S8.44.15.L2_3			S11.70.40_3		
wt %	1	2	3	1	2	4	1	2	4
Zn	57.83	58.68	58.23	54.85	55.86	56.21	57.30	56.41	54.80
S	33.86	33.72	33.97	33.49	33.28	33.96	33.52	33.40	32.95
Fe	8.43	7.99	8.38	7.52	7.95	8.13	7.67	7.58	7.57
Cd	0.73	0.73	0.77	0.46	0.46	0.53	1.75	1.72	1.29
Cu	0.00	0.00	0.00	0.74	0.01	0.14	0.00	0.00	0.06
Mn	0.11	0.06	0.06	0.15	0.13	0.09	0.05	0.00	0.08
W	0.17	0.05	0.05	0.11	0.01	0.05	0.01	0.00	0.07
Sn	0.00	0.03	0.00	0.08	0.00	0.06	0.00	0.00	0.00
Pb	0.05	0.05	0.00	0.00	0.00	0.06	0.04	0.00	0.07
Au	0.00	0.02	0.00	0.06	0.01	0.00	0.00	0.04	0.00
Ag	0.03	0.00	0.00	0.03	0.03	0.00	0.01	0.03	0.00
Ge	0.00	0.01	0.00	0.00	0.02	0.02	0.00	0.00	0.00
Mo	0.09	0.09	0.10	0.09	0.04	0.10	0.07	0.11	0.04
In	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
As	0.00	0.02	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.01	0.04
Ni	0.04	0.00	0.00	0.00	0.02	0.05	0.03	0.01	0.04
Se	0.00	0.00	0.02	0.04	0.04	0.00	0.01	0.00	0.00
Sb	0.01	0.02	0.00	0.00	0.01	0.00	0.02	0.00	0.00
Co	0.01	0.04	0.02	0.00	0.01	0.00	0.00	0.02	0.03
Te	0.00	0.02	0.00	0.05	0.00	0.01	0.00	0.00	0.02
Total	101.36	101.55	101.59	97.68	97.86	99.40	100.46	99.33	97.04
a.p.f.u. (cálculo com base em 2 posições)									
Zn	0.841	0.854	0.844	0.822	0.836	0.828	0.844	0.839	0.831
S	1.004	1.000	1.004	1.024	1.016	1.020	1.007	1.012	1.018
Fe	0.143	0.136	0.142	0.132	0.139	0.140	0.132	0.132	0.134
Cd	0.006	0.006	0.006	0.004	0.004	0.005	0.015	0.015	0.011
Cu	0.000	0.000	0.000	0.011	0.000	0.002	0.000	0.000	0.001
Mn	0.002	0.001	0.001	0.003	0.002	0.002	0.001	0.000	0.001
W	0.001	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Sn	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Pb	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Au	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Ag	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Ge	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Mo	0.001	0.001	0.001	0.001	0.000	0.001	0.001	0.001	0.000
In	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
As	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001
Ni	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.001
Se	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000
Sb	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Co	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Te	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Posição Zn	0.991	0.996	0.993	0.958	0.980	0.973	0.991	0.985	0.976

ANEXO 2

2.3.12. Greenockite

Amostra	S8.34.80_2			
wt %	4	7	8	9
Cd	73.36	76.40	72.34	73.71
S	22.19	21.78	22.21	22.86
Zn	3.15	2.90	6.10	3.99
Fe	0.40	0.27	0.30	0.30
W	0.19	0.07	0.00	0.10
Mn	0.12	0.05	0.00	0.05
Cu	0.15	0.00	0.00	0.06
Bi	0.00	0.08	0.00	0.00
Pb	0.00	0.00	0.12	0.00
Au	0.00	0.00	0.02	0.00
Mo	0.02	0.04	0.02	0.02
As	0.03	0.01	0.00	0.03
Total	99.60	101.60	101.11	101.13
a.p.f.u. (cálculo com base em 2 posições)				
Cd	0.928	0.964	0.897	0.912
S	0.984	0.963	0.965	0.991
Zn	0.068	0.063	0.130	0.085
Fe	0.010	0.007	0.007	0.008
W	0.001	0.001	0.000	0.001
Mn	0.003	0.001	0.000	0.001
Cu	0.003	0.000	0.000	0.001
Bi	0.000	0.001	0.000	0.000
Pb	0.000	0.000	0.001	0.000
Au	0.000	0.000	0.000	0.000
Mo	0.000	0.001	0.000	0.000
As	0.001	0.000	0.000	0.001
Total	2.000	2.000	2.000	2.000

ANEXO 2

2.3.13. Moscovite

Amostra	S11.22.00.L1_3				S11.22.00.L1_4				S8.34.80_1				S8.35.75_4				S1.76.75.L1_1					S1.76.75.L1_3				
wt %	2	3	4	1	2	3	4	5	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
SiO2	49.08	48.22	48.99	48.63	48.38	47.51	47.37	48.61	49.81	48.92	49.66	49.55	49.43	48.52	46.85	48.65	49.52	47.65	48.94	49.55	49.19	48.76	49.22	48.56	49.13	49.50
Al2O3	28.78	29.15	28.83	31.70	31.93	32.64	32.75	30.53	35.82	35.40	34.34	32.47	37.66	37.19	37.52	37.69	30.08	30.69	29.80	29.15	29.93	31.11	30.19	30.05	29.91	31.56
K2O	10.53	10.46	10.52	7.68	10.50	10.04	9.84	9.01	7.78	7.34	6.74	8.25	7.28	7.04	7.97	8.27	10.26	10.64	10.70	10.34	10.78	10.27	10.84	10.82	10.85	8.38
Fe2O3	1.37	1.34	1.37	1.99	0.00	0.00	3.91	0.32	1.72	0.42	0.41	3.45	0.69	0.12	0.15	0.75	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.37
FeO	1.15	1.90	1.33	1.95	2.80	3.52	0.02	2.64	0.00	1.32	1.46	0.00	0.00	0.59	0.56	0.00	2.88	3.07	3.02	3.01	2.41	3.06	2.99	3.29	3.02	1.64
MgO	1.69	1.96	1.70	1.82	2.02	1.82	1.83	1.87	0.43	0.48	0.70	1.63	0.32	0.25	0.23	0.04	2.79	2.76	2.83	2.70	2.56	2.87	2.87	2.81	2.76	2.81
Mn2O3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.00	0.00	0.25	0.13	0.00	0.00	0.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
MnO	0.07	0.07	0.10	0.10	0.02	0.10	0.05	0.03	0.10	0.14	0.17	0.00	0.00	0.17	0.18	0.00	0.09	0.03	0.02	0.06	0.06	0.05	0.06	0.11	0.07	0.00
CaO	0.00	0.00	0.01	0.03	0.04	0.01	0.02	0.01	0.04	0.05	0.06	0.06	0.03	0.03	0.08	0.02	0.04	0.00	0.03	0.00	0.01	0.04	0.02	0.01	0.01	0.05
Na2O	0.38	0.28	0.36	0.28	0.31	0.34	0.30	0.42	0.09	0.08	0.07	0.15	0.09	0.06	0.09	0.05	0.23	0.34	0.22	0.23	0.34	0.23	0.26	0.24	0.24	0.06
BaO	0.00	0.07	0.02	0.04	0.04	0.09	0.07	0.08	0.12	0.15	0.12	0.04	0.11	0.13	0.07	0.03	0.06	0.14	0.11	0.16	0.10	0.17	0.17	0.05	0.01	0.11
Cs2O	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.06	0.02	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SnO2	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	0.03
TiO2	0.17	0.25	0.17	0.33	0.28	0.27	0.25	0.22	0.00	0.03	0.00	0.23	0.00	0.00	0.01	0.00	0.11	0.22	0.16	0.20	0.16	0.17	0.26	0.23	0.13	0.15
Cr2O3	0.10	0.08	0.06	0.01	0.09	0.05	0.00	0.02	0.03	0.04	0.03	0.02	0.06	0.07	0.06	0.05	0.08	0.05	0.06	0.09	0.02	0.03	0.08	0.06	0.00	0.13
V2O3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ZnO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Li2O	2.07	1.64	1.95	0.75	0.00	0.00	0.01	1.56	0.02	0.94	1.56	0.00	0.00	1.09	1.51	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.59
Cl	0.00	0.02	0.01	0.00	0.02	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01	0.02	0.04	0.00	0.01	0.01	0.03	0.01	0.01	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00
F	0.61	0.45	0.59	0.28	0.43	0.43	0.65	0.00	0.28	0.23	0.27	0.19	0.04	0.06	0.15	0.12	1.48	1.10	1.26	0.83	1.73	1.49	0.92	1.31	0.92	0.30
S	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total	96.01	95.88	96.00	95.60	96.85	96.83	97.08	95.37	96.37	95.57	95.62	96.31	95.85	95.32	95.48	95.85	97.62	96.69	97.21	96.34	97.30	98.26	97.87	97.51	97.06	95.67
a.p.f.u. (Cálculo com base em ...)																										
Si4+	3.257	3.219	3.255	3.197	3.203	3.154	3.123	3.213	3.206	3.171	3.203	3.226	3.167	3.125	3.039	3.140	3.282	3.200	3.267	3.313	3.285	3.220	3.254	3.241	3.271	3.244
Al3+	0.743	0.781	0.745	0.803	0.797	0.846	0.877	0.787	0.794	0.829	0.797	0.775	0.833	0.876	0.961	0.860	0.718	0.800	0.733	0.687	0.715	0.780	0.746	0.759	0.729	0.756
Total iv	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000
W6+	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Ta5+	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Nb5+	0.000	0.000	0.000	0.002	0.000	0.000	0.000	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Sn4+	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001
Ti4+	0.009	0.013	0.009	0.017	0.014	0.013	0.013	0.011	0.000	0.001	0.000	0.011	0.000	0.000	0.001	0.000	0.006	0.011	0.008	0.010	0.008	0.009	0.013	0.011	0.007	0.007
Fe3+	0.069	0.068	0.069	0.099	0.000	0.000	0.194	0.016	0.083	0.020	0.020	0.169	0.033	0.006	0.007	0.037	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.018
Mn3+	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.000	0.000	0.013	0.006	0.000	0.000	0.007	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Cr3+	0.005	0.004	0.003	0.000	0.005	0.003	0.000	0.001	0.002	0.002	0.002	0.001	0.003	0.004	0.003	0.003	0.004	0.003	0.003	0.005	0.001	0.001	0.004	0.003	0.000	0.007
V3+	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Al3+	1.508	1.512	1.513	1.653	1.695	1.707	1.667	1.591	1.923	1.876	1.813	1.717	2.010	1.947	1.907	2.007	1.632	1.628	1.612	1.610	1.641	1.642	1.607	1.604	1.618	1.681
Zn2+	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Fe2+	0.064	0.106	0.074	0.107	0.155	0.195	0.001	0.146	0.000	0.072	0.079	0.000	0.000	0.032	0.031	0.000	0.160	0.172	0.169	0.168	0.135	0.169	0.165	0.183	0.168	0.090
Mn2+	0.004	0.004	0.006	0.006	0.001	0.006	0.003	0.002	0.006	0.008	0.009	0.000	0.000	0.009	0.010	0.000	0.005	0.002	0.001	0.003	0.003	0.003	0.003	0.006	0.004	0.000
Mg2+	0.168	0.195	0.168	0.179	0.199	0.181	0.180	0.185	0.041	0.046	0.068	0.158	0.030	0.024	0.022	0.004	0.275	0.276	0.282	0.269	0.255	0.282	0.283	0.279	0.274	0.274
Li+	0.553	0.439	0.521	0.199	0.000	0.000	0.004	0.416	0.006																	

ANEXO 2

Cs+	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
K+	0.892	0.891	0.891	0.644	0.887	0.850	0.827	0.759	0.639	0.607	0.555	0.685	0.595	0.578	0.660	0.681	0.867	0.911	0.911	0.882	0.919	0.865	0.915	0.921	0.922	0.700
Na+	0.049	0.036	0.047	0.036	0.039	0.044	0.039	0.054	0.011	0.011	0.008	0.019	0.011	0.008	0.011	0.006	0.030	0.044	0.029	0.030	0.044	0.030	0.034	0.030	0.031	0.008
Total X	0.941	0.929	0.939	0.683	0.930	0.897	0.869	0.816	0.657	0.626	0.571	0.710	0.611	0.591	0.678	0.690	0.902	0.959	0.946	0.917	0.966	0.902	0.954	0.953	0.954	0.715
OH-	1.871	1.902	1.875	1.941	1.908	1.910	1.863	1.999	1.942	1.953	1.944	1.959	1.991	1.986	1.965	1.975	1.689	1.765	1.732	1.824	1.633	1.688	1.809	1.724	1.806	1.938
Cl-	0.000	0.002	0.001	0.000	0.003	0.001	0.001	0.000	0.001	0.001	0.002	0.001	0.001	0.002	0.005	0.000	0.001	0.002	0.003	0.001	0.002	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000
F-	0.128	0.096	0.124	0.059	0.089	0.089	0.136	0.000	0.057	0.047	0.054	0.040	0.008	0.012	0.030	0.025	0.311	0.233	0.265	0.174	0.366	0.310	0.191	0.276	0.194	0.062
S2-	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Total Y	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000

Amostra	S1.23.90_5					S1.37.70.L1_2					S1.37.70.L1_3					S1.37.70.L1_4					S1.37.70.L1_6					S8.68.80_5				
wt %	2	3	4	5	1	2	3	4	5	6	1	2	3	1	2	3	4	1	3	4	5	1	2	3	4	5				
SiO2	47.56	49.79	48.21	46.19	50.95	50.07	49.55	49.89	50.28	50.28	51.00	50.58	49.77	47.79	48.70	48.88	48.60	50.28	48.84	48.64	50.12	48.91	47.39	48.04	48.16	50.42				
Al2O3	29.80	29.95	29.83	27.79	31.30	31.85	32.89	31.88	31.18	31.90	33.20	29.34	33.01	33.81	32.58	33.27	33.26	33.69	30.64	31.77	33.25	33.34	31.95	32.30	32.57	31.10				
K2O	10.33	10.71	10.73	10.19	7.38	9.32	8.98	9.03	9.19	9.33	8.05	6.83	9.14	9.57	10.16	10.10	10.31	7.55	7.93	7.68	8.94	9.66	10.51	10.49	10.14	6.99				
Fe2O3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.39	1.54	1.45	0.63	0.79	1.60	2.00	5.09	1.98	0.31	0.24	0.00	0.00	1.64	4.46	0.34	1.52	2.56	0.00	0.00	0.00	0.38				
FeO	4.67	2.60	2.98	7.41	1.64	0.06	0.07	1.01	0.78	0.09	0.28	0.25	0.37	0.82	0.76	0.96	0.94	0.07	0.61	1.68	0.09	0.00	3.51	2.43	2.27	2.67				
MgO	2.80	2.81	3.09	2.92	2.65	2.30	2.14	2.11	2.21	2.15	1.99	2.90	1.80	1.28	1.38	1.39	1.22	2.18	2.21	2.87	1.86	1.48	1.74	1.52	1.73	1.73				
Mn2O3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00				
MnO	0.08	0.02	0.11	0.05	0.06	0.03	0.03	0.00	0.02	0.02	0.00	0.02	0.01	0.04	0.04	0.00	0.03	0.04	0.01	0.04	0.00	0.00	0.05	0.00	0.03	0.21				
CaO	0.05	0.01	0.03	0.05	0.04	0.03	0.03	0.01	0.04	0.00	0.02	0.04	0.01	0.08	0.02	0.03	0.04	0.04	0.02	0.12	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.02				
Na2O	0.26	0.25	0.27	0.23	0.08	0.11	0.09	0.11	0.14	0.13	0.11	0.04	0.10	0.26	0.24	0.26	0.31	0.10	0.08	0.20	0.21	0.28	0.37	0.33	0.29	0.04				
BaO	0.05	0.04	0.06	0.07	0.11	0.07	0.09	0.16	0.17	0.11	0.17	0.08	0.13	0.32	0.18	0.28	0.32	0.12	0.13	0.09	0.10	0.13	0.08	0.10	0.16	0.13				
Cs2O	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00				
SnO2	0.34	0.18	0.25	0.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.07	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.40	0.43	0.32	0.47	0.36				
TiO2	0.25	0.20	0.39	0.32	0.02	0.15	0.42	0.10	0.41	0.18	0.16	0.02	0.12	0.49	0.27	0.34	0.19	0.04	0.10	0.09	0.21	0.21	0.37	0.21	0.27	0.00				
Cr2O3	0.07	0.07	0.05	0.05	0.07	0.05	0.05	0.08	0.06	0.07	0.10	0.09	0.09	0.08	0.11	0.13	0.09	0.09	0.10	0.07	0.14	0.09	0.24	0.20	0.08	0.07				
V2O3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00				
ZnO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00				
Li2O	0.00	0.00	0.00	0.00	0.62	0.02	0.02	0.33	0.19	0.02	0.06	0.07	0.08	0.47	0.62	0.00	0.00	0.02	0.25	1.81	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	1.28				
Cl	0.02	0.01	0.00	0.02	0.02	0.03	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.02	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.02	0.01	0.00				
F	0.93	1.03	1.58	0.89	0.22	0.17	0.26	0.37	0.16	0.14	0.29	0.40	0.15	0.22	0.15	0.13	0.06	0.24	0.28	0.22	0.31	0.18	0.28	0.19	0.35	0.00				
S	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00				
Total	97.20	97.67	97.57	96.28	95.57	95.79	96.06	95.78	95.62	96.04	97.42	95.77	96.80	95.60	95.54	95.76	95.38	96.08	95.65	95.65	96.78	97.25	96.96	96.14	96.55	95.41				

a.p.f.u. (Cálculo com base em ...)																											
Si4+	3.198	3.289	3.227	3.185	3.311	3.276	3.229	3.272	3.298	3.281	3.263	3.311	3.228	3.153	3.215	3.221	3.219	3.244	3.224	3.172	3.242	3.182	3.157	3.196	3.189	3.286	
Al3+	0.802	0.711	0.773	0.815	0.689	0.724	0.771	0.728	0.702	0.719	0.737	0.690	0.772	0.847	0.786	0.779	0.781	0.756	0.776	0.828	0.758	0.818	0.843	0.804	0.811	0.714	
Total iv	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	
W6+	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
Ta5+	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
Nb5+	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
Sn4+	0.009	0.005	0.007	0.004	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.002	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.011	0.011	0.008	0.013	0.010	
Ti4+	0.013	0.010	0.020	0.016	0.001	0.008	0.021	0.005	0.020	0.009	0.008	0.001	0.006	0.024	0.014	0.017	0.010	0.002	0.005	0.004	0.010	0.010	0.019	0.011	0.014	0.000	
Fe3+	0.000	0.000	0.000	0.000	0.019	0.076	0.071	0.031	0.039	0.079	0.096	0.251	0.097	0.015	0.012	0.000	0.000	0.079	0.222	0.017	0.074	0.125	0.000	0.000	0.000	0.019	
Mn3+	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
Cr3+	0.004	0.004	0.003	0.003	0.004	0.003	0.003	0.004	0.003	0.003	0.005	0.004	0.005	0.004	0.006	0.007	0.005	0.004	0.005	0.003	0.007	0.005	0.013	0.011	0.004	0.004	
V3+	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	

ANEXO 2

Al3+	1.560	1.620	1.580	1.443	1.708	1.732	1.756	1.736	1.709	1.734	1.766	1.573	1.751	1.782	1.749	1.804	1.816	1.806	1.607	1.615	1.777	1.738	1.665	1.729	1.731	1.676
Zn2+	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Fe2+	0.263	0.144	0.167	0.427	0.089	0.004	0.004	0.056	0.043	0.005	0.015	0.014	0.020	0.045	0.042	0.053	0.052	0.004	0.034	0.092	0.005	0.000	0.196	0.135	0.126	0.146
Mn2+	0.005	0.001	0.007	0.003	0.004	0.002	0.002	0.000	0.001	0.001	0.000	0.001	0.001	0.002	0.002	0.000	0.002	0.002	0.001	0.002	0.000	0.000	0.003	0.000	0.002	0.012
Mg2+	0.280	0.277	0.308	0.300	0.256	0.224	0.208	0.206	0.216	0.209	0.190	0.283	0.174	0.126	0.136	0.136	0.121	0.210	0.217	0.279	0.179	0.143	0.173	0.151	0.171	0.168
Li+	0.000	0.000	0.000	0.000	0.162	0.005	0.005	0.088	0.050	0.006	0.015	0.019	0.021	0.125	0.165	0.000	0.000	0.006	0.065	0.474	0.005	0.000	0.000	0.000	0.000	0.335
Total vi	2.133	2.060	2.090	2.196	2.243	2.052	2.069	2.127	2.080	2.046	2.094	2.146	2.075	2.126	2.127	2.017	2.004	2.113	2.155	2.486	2.057	2.032	2.080	2.044	2.060	2.368
Ba2+	0.001	0.001	0.002	0.002	0.003	0.002	0.002	0.004	0.004	0.003	0.004	0.002	0.003	0.008	0.005	0.007	0.008	0.003	0.003	0.002	0.003	0.003	0.002	0.003	0.004	0.003
Ca2+	0.003	0.001	0.002	0.004	0.003	0.002	0.002	0.001	0.003	0.000	0.001	0.003	0.001	0.005	0.002	0.002	0.003	0.002	0.002	0.009	0.001	0.000	0.001	0.000	0.001	0.002
Cs+	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
K+	0.886	0.902	0.916	0.896	0.612	0.778	0.747	0.756	0.769	0.776	0.657	0.571	0.756	0.806	0.856	0.849	0.871	0.621	0.668	0.639	0.738	0.801	0.893	0.891	0.857	0.581
Na+	0.034	0.032	0.035	0.031	0.010	0.014	0.011	0.014	0.018	0.017	0.014	0.005	0.013	0.033	0.031	0.033	0.040	0.012	0.010	0.026	0.026	0.036	0.048	0.043	0.038	0.005
Total X	0.925	0.936	0.955	0.933	0.628	0.795	0.762	0.776	0.794	0.796	0.676	0.581	0.773	0.853	0.893	0.892	0.922	0.639	0.683	0.677	0.768	0.840	0.943	0.936	0.899	0.592
OH-	1.800	1.785	1.665	1.805	1.951	1.962	1.947	1.922	1.966	1.970	1.942	1.917	1.969	1.954	1.968	1.972	1.986	1.951	1.941	1.954	1.936	1.963	1.937	1.959	1.925	2.000
Cl-	0.002	0.001	0.000	0.002	0.003	0.003	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000	0.001	0.002	0.000	0.002	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.003	0.002	0.001	0.000
F-	0.198	0.214	0.335	0.193	0.046	0.035	0.053	0.078	0.033	0.029	0.058	0.083	0.031	0.045	0.032	0.026	0.012	0.049	0.059	0.046	0.064	0.037	0.060	0.039	0.074	0.000
S2-	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Total Y	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000

Amostra	S1.76.95.L2_2				S1.82.39.L1_2			S1.82.39.L1_5					S1.23.90_1			S1.23.90_3				S1.23.90_4				S1.36.80.L2_4			
wt %	1	2	3	4	1	2	4	1	2	3	4	5	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	
SiO2	48.47	48.84	49.15	49.22	48.61	49.55	47.61	48.53	49.06	49.87	47.89	48.05	46.36	43.54	47.42	49.01	48.58	48.66	49.82	48.94	49.36	48.72	48.77	50.23	49.47		
Al2O3	32.43	31.62	31.48	32.42	34.19	33.51	34.30	33.14	32.33	32.34	35.68	34.60	29.32	26.43	29.37	30.39	29.65	29.13	29.22	29.23	29.65	29.97	29.36	31.49	35.03		
K2O	10.56	10.89	10.47	10.81	9.97	9.83	10.10	9.56	10.29	10.06	9.95	9.95	10.04	9.77	10.15	10.12	10.74	10.87	10.76	9.37	10.70	10.76	10.83	5.91	6.78		
Fe2O3	0.00	0.00	0.00	0.00	1.69	1.81	0.00	1.75	0.00	1.59	1.29	0.00	0.00	9.32	0.00	3.07	0.00	0.00	0.00	5.49	0.00	0.00	0.00	0.36	0.42		
FeO	2.74	2.09	2.49	1.87	0.28	0.23	2.21	0.23	2.09	0.19	0.08	1.60	6.89	3.49	5.94	0.00	2.76	3.51	2.56	0.00	3.10	3.63	3.25	1.99	1.09		
MgO	2.52	2.17	2.44	1.97	1.51	1.32	1.64	1.54	1.82	1.88	1.06	1.31	2.13	2.76	2.35	3.15	2.74	3.20	3.02	2.76	2.61	2.39	2.73	3.33	1.70		
Mn2O3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
MnO	0.06	0.01	0.00	0.03	0.03	0.05	0.03	0.05	0.00	0.04	0.00	0.00	0.08	0.10	0.10	0.00	0.05	0.05	0.09	0.00	0.04	0.02	0.03	0.05	0.02		
CaO	0.01	0.01	0.03	0.00	0.00	0.03	0.03	0.02	0.03	0.01	0.00	0.04	0.03	0.02	0.02	0.03	0.05	0.03	0.02	0.04	0.02	0.03	0.02	0.00	0.00		
Na2O	0.25	0.31	0.23	0.25	0.28	0.29	0.32	0.27	0.29	0.21	0.34	0.33	0.31	0.24	0.30	0.21	0.34	0.26	0.24	0.14	0.28	0.33	0.29	0.03	0.05		
BaO	0.07	0.03	0.09	0.07	0.05	0.10	0.08	0.23	0.13	0.05	0.28	0.27	0.04	0.04	0.07	0.03	0.12	0.05	0.07	0.06	0.08	0.11	0.06	0.11	0.09		
Cs2O	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.01			
SnO2	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	0.32	0.03	0.31	0.20	0.01	0.04	0.12	0.46	0.25	0.17	0.13	n.a.	n.a.		
TiO2	0.19	0.23	0.34	0.28	0.03	0.01	0.07	0.60	0.59	0.81	0.26	0.29	0.09	0.21	0.10	0.23	0.14	0.38	0.26	0.19	0.19	0.13	0.22	0.00	0.00		
Cr2O3	0.04	0.05	0.06	0.05	0.04	0.09	0.06	0.08	0.06	0.07	0.04	0.09	0.07	0.07	0.04	0.07	0.03	0.04	0.09	0.04	0.05	0.06	0.05	0.06	0.08		
V2O3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
ZnO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
Li2O	0.00	0.00	0.00	0.00	0.06	0.06	0.00	0.08	0.00	0.05	0.02	0.00	0.00	0.12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.79	0.57		
Cl	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.01	0.01	0.05	0.01	0.00	0.00	0.01	0.03	0.03	0.01	0.00	0.04	0.02	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00		
F	0.47	0.43	0.37	0.39	0.22	0.34	0.23	0.32	0.34	0.33	0.00	0.26	0.79	0.66	1.35	1.55	1.21	1.45	1.64	1.01	1.06	0.77	1.49	0.33	0.14		
S	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
Total	97.79	96.67	97.15	97.36	96.99	97.25	96.67	96.42	97.04	97.49	96.87	96.81	96.47	96.83	97.52	98.09	96.45	97.67	97.92	97.77	97.39	97.09	97.22	95.69	95.45		
a.p.f.u. (Cálculo com base em ...)																											
Si4+	3.179	3.232	3.233	3.224	3.165	3.217	3.133	3.182	3.219	3.232	3.113	3.147	3.172	3.020	3.209	3.224	3.268	3.255	3.306	3.228	3.284	3.254	3.272	3.237	3.193		
Al3+	0.821	0.768	0.767	0.776	0.835	0.783	0.867	0.818	0.781	0.768	0.887	0.853	0.828	0.980	0.791	0.777	0.732	0.745	0.694	0.772	0.716	0.746	0.728	0.763	0.808		
Total iv	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000		

ANEXO 2

W6+	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
Ta5+	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
Nb5+	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
Sn4+	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.009	0.001	0.008	0.005	0.000	0.001	0.003	0.012	0.007	0.004	0.003	0.000	0.000
Ti4+	0.009	0.011	0.017	0.014	0.001	0.001	0.003	0.029	0.029	0.039	0.013	0.014	0.005	0.011	0.005	0.012	0.007	0.019	0.013	0.010	0.010	0.007	0.011	0.000	0.000
Fe3+	0.000	0.000	0.000	0.000	0.083	0.088	0.000	0.086	0.000	0.077	0.063	0.000	0.000	0.487	0.000	0.152	0.000	0.000	0.000	0.272	0.000	0.000	0.000	0.017	0.020
Mn3+	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.000	0.000	0.000	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Cr3+	0.002	0.003	0.003	0.002	0.002	0.005	0.003	0.004	0.003	0.003	0.002	0.005	0.004	0.004	0.002	0.004	0.002	0.002	0.005	0.002	0.002	0.003	0.003	0.003	0.004
V3+	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Al3+	1.686	1.698	1.674	1.728	1.788	1.780	1.794	1.743	1.720	1.702	1.847	1.818	1.536	1.180	1.551	1.580	1.618	1.552	1.592	1.500	1.609	1.614	1.593	1.628	1.857
Zn2+	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Fe2+	0.150	0.115	0.137	0.103	0.016	0.013	0.122	0.013	0.115	0.011	0.004	0.088	0.394	0.202	0.336	0.000	0.155	0.196	0.142	0.000	0.173	0.203	0.182	0.107	0.059
Mn2+	0.003	0.001	0.000	0.001	0.002	0.003	0.002	0.003	0.000	0.002	0.000	0.000	0.005	0.006	0.006	0.000	0.003	0.003	0.005	0.000	0.002	0.001	0.002	0.003	0.001
Mg2+	0.246	0.214	0.239	0.192	0.146	0.128	0.160	0.150	0.178	0.182	0.102	0.128	0.217	0.285	0.237	0.308	0.275	0.319	0.298	0.272	0.259	0.238	0.273	0.320	0.163
Li+	0.000	0.000	0.000	0.000	0.017	0.015	0.000	0.020	0.000	0.013	0.004	0.000	0.000	0.034	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.463	0.149
Total vi	2.097	2.042	2.070	2.040	2.055	2.032	2.084	2.049	2.045	2.029	2.036	2.053	2.169	2.209	2.144	2.062	2.060	2.092	2.058	2.069	2.061	2.069	2.067	2.541	2.253
Ba2+	0.002	0.001	0.002	0.002	0.001	0.002	0.002	0.006	0.003	0.001	0.007	0.007	0.001	0.001	0.002	0.001	0.003	0.001	0.002	0.002	0.002	0.003	0.002	0.003	0.002
Ca2+	0.000	0.001	0.002	0.000	0.000	0.002	0.002	0.001	0.002	0.001	0.000	0.003	0.002	0.002	0.001	0.002	0.003	0.002	0.002	0.003	0.002	0.002	0.001	0.000	0.000
Cs+	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000
K+	0.883	0.919	0.878	0.903	0.828	0.814	0.848	0.799	0.861	0.832	0.825	0.832	0.876	0.864	0.876	0.849	0.921	0.928	0.911	0.788	0.908	0.917	0.927	0.486	0.558
Na+	0.032	0.040	0.030	0.031	0.035	0.037	0.041	0.034	0.037	0.026	0.042	0.042	0.041	0.032	0.040	0.027	0.044	0.033	0.031	0.018	0.037	0.043	0.038	0.003	0.006
Total X	0.917	0.961	0.912	0.937	0.866	0.856	0.893	0.841	0.904	0.860	0.875	0.884	0.920	0.899	0.919	0.879	0.972	0.964	0.946	0.811	0.948	0.965	0.968	0.492	0.567
OH-	1.902	1.910	1.921	1.919	1.955	1.929	1.951	1.929	1.928	1.933	2.000	1.946	1.827	1.852	1.710	1.679	1.737	1.692	1.655	1.789	1.777	1.837	1.683	1.932	1.971
Cl-	0.000	0.000	0.002	0.000	0.000	0.001	0.001	0.006	0.001	0.000	0.000	0.001	0.003	0.004	0.001	0.000	0.005	0.002	0.000	0.000	0.000	0.002	0.001	0.000	0.000
F-	0.098	0.090	0.077	0.081	0.045	0.070	0.048	0.065	0.071	0.067	0.000	0.053	0.170	0.144	0.289	0.321	0.258	0.306	0.345	0.211	0.223	0.162	0.316	0.068	0.029
S2-	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Total Y	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000

Amostra	S11.12.35.L1_5					S11.22.00.L1_1								S11.22.00.L1_2							S1.36.80.L2_2				
wt %	2	1	2	3	4	1	2	3	4	5	6	7	8	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5
SiO2	51.83	49.39	49.00	49.05	50.63	48.55	46.91	47.15	47.30	48.50	47.83	47.15	46.91	47.15	47.67	47.77	48.98	50.80	51.16	47.12	49.95	48.61	48.78	48.33	48.39
Al2O3	31.47	31.42	31.32	31.46	30.93	32.12	28.83	28.07	28.23	28.11	28.21	27.74	27.90	30.62	31.39	30.10	31.00	30.83	30.96	31.58	33.28	33.78	32.75	31.96	33.36
K2O	5.99	9.79	10.70	10.37	10.23	10.46	10.50	10.70	10.72	10.84	10.40	10.52	10.35	10.77	10.70	10.56	10.52	9.19	9.14	10.45	8.73	10.51	10.09	10.30	10.18
Fe2O3	1.42	1.44	0.00	0.00	1.55	0.00	2.56	1.62	1.26	0.29	1.36	2.24	2.32	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.53	0.00	0.00	0.00	0.00
FeO	0.00	0.38	1.48	1.52	0.11	3.16	1.91	2.83	2.21	2.67	2.37	2.35	2.32	4.02	3.25	4.18	2.66	2.56	2.56	3.79	0.07	1.24	1.33	1.65	1.52
MgO	2.20	2.52	2.22	2.27	2.40	2.01	1.92	1.91	1.70	1.69	1.72	2.19	2.20	2.15	1.76	2.16	1.96	1.57	1.56	1.81	2.48	1.61	1.85	2.33	1.86
Mn2O3	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
MnO	0.00	0.03	0.01	0.01	0.00	0.04	0.13	0.07	0.07	0.06	0.11	0.03	0.05	0.10	0.06	0.10	0.08	0.05	0.01	0.09	0.06	0.06	0.06	0.04	0.06
CaO	0.13	0.03	0.04	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	0.00	0.01	0.00	0.01	0.01	0.03	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.04
Na2O	0.02	0.12	0.20	0.17	0.15	0.22	0.35	0.38	0.32	0.34	0.35	0.27	0.26	0.35	0.28	0.33	0.35	1.33	1.19	0.36	0.08	0.30	0.28	0.20	0.32
BaO	0.03	0.18	0.08	0.17	0.12	0.12	0.06	0.06	0.03	0.00	0.04	0.06	0.08	0.03	0.07	0.11	0.08	0.03	0.05	0.11	0.21	0.22	0.20	0.18	0.18
Cs2O	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.02	0.02
SnO2	0.00	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
TiO2	0.00	0.08	0.13	0.14	0.28	0.34	0.25	0.28	0.31	0.21	0.24	0.38	0.39	0.37	0.31	0.34	0.22	0.21	0.23	0.37	0.02	0.02	0.08	0.06	0.00
Cr2O3	0.09	0.08	0.05	0.07	0.11	0.09	0.05	0.04	0.06	0.08	0.02	0.03	0.12	0.05	0.10	0.04	0.09	0.01	0.07	0.03	0.04	0.03	0.05	0.03	0.05
V2O3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ZnO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

ANEXO 2

Li2O	1.91	0.15	0.00	0.00	0.02	0.00	2.04	2.33	3.28	2.67	2.85	2.29	2.39	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00
Cl	0.03	0.00	0.01	0.01	0.00	0.02	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.03	0.01	0.00	0.00	0.03	0.01	0.00	0.00	0.00
F	0.66	0.52	0.43	0.37	0.40	0.50	0.53	0.72	0.65	0.61	0.77	0.50	0.61	0.51	0.33	0.50	0.96	0.24	0.38	0.33	0.45	0.13	0.39	0.12
S	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total	95.80	96.11	95.66	95.61	96.93	97.63	96.03	96.16	96.16	96.08	96.28	95.78	95.91	96.13	95.93	96.23	96.93	96.83	97.34	96.07	96.93	96.51	95.86	95.21
a.p.f.u. (Cálculo com base em ...)																								
Si4+	3.312	3.253	3.261	3.260	3.302	3.196	3.150	3.174	3.160	3.236	3.192	3.175	3.157	3.183	3.199	3.219	3.255	3.324	3.330	3.167	3.230	3.191	3.226	3.222
Al3+	0.688	0.747	0.739	0.740	0.698	0.804	0.850	0.826	0.840	0.764	0.808	0.825	0.843	0.817	0.801	0.781	0.745	0.677	0.670	0.833	0.770	0.809	0.774	0.778
Total iv	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000
W6+	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Ta5+	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Nb5+	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Sn4+	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Ti4+	0.000	0.004	0.007	0.007	0.014	0.017	0.013	0.014	0.015	0.010	0.012	0.019	0.020	0.019	0.016	0.017	0.011	0.010	0.011	0.019	0.001	0.001	0.004	0.003
Fe3+	0.068	0.071	0.000	0.000	0.076	0.000	0.129	0.082	0.063	0.015	0.068	0.114	0.118	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.075	0.000	0.000	0.000
Mn3+	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Cr3+	0.005	0.004	0.002	0.004	0.006	0.005	0.003	0.002	0.003	0.004	0.001	0.002	0.007	0.003	0.005	0.002	0.005	0.000	0.004	0.002	0.002	0.002	0.003	0.002
V3+	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Al3+	1.682	1.692	1.718	1.724	1.679	1.688	1.431	1.402	1.382	1.447	1.411	1.377	1.370	1.620	1.681	1.610	1.684	1.701	1.705	1.668	1.766	1.804	1.778	1.733
Zn2+	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Fe2+	0.000	0.021	0.083	0.085	0.006	0.174	0.107	0.159	0.123	0.149	0.132	0.133	0.130	0.227	0.183	0.236	0.148	0.140	0.139	0.213	0.004	0.068	0.074	0.092
Mn2+	0.000	0.002	0.000	0.000	0.000	0.002	0.007	0.004	0.004	0.003	0.006	0.002	0.003	0.006	0.004	0.006	0.004	0.003	0.001	0.005	0.003	0.003	0.004	0.002
Mg2+	0.209	0.247	0.221	0.225	0.234	0.197	0.192	0.191	0.169	0.168	0.171	0.219	0.221	0.217	0.176	0.217	0.195	0.153	0.152	0.182	0.239	0.158	0.182	0.231
Li+	0.490	0.040	0.000	0.000	0.006	0.000	0.550	0.630	0.882	0.717	0.766	0.619	0.647	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.007	0.000	0.000	0.000
Total vi	2.456	2.081	2.031	2.045	2.020	2.083	2.432	2.485	2.642	2.513	2.567	2.484	2.515	2.091	2.064	2.088	2.046	2.007	2.012	2.089	2.096	2.036	2.044	2.063
Ba2+	0.001	0.005	0.002	0.004	0.003	0.003	0.002	0.002	0.001	0.000	0.001	0.002	0.002	0.001	0.002	0.003	0.002	0.001	0.001	0.003	0.005	0.006	0.005	0.005
Ca2+	0.009	0.002	0.003	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.001	0.001	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.002	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001
Cs+	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001
K+	0.488	0.823	0.909	0.879	0.851	0.878	0.899	0.919	0.914	0.923	0.885	0.904	0.889	0.928	0.916	0.908	0.892	0.767	0.759	0.896	0.720	0.880	0.851	0.876
Na+	0.003	0.015	0.026	0.022	0.019	0.028	0.045	0.050	0.042	0.044	0.045	0.035	0.033	0.045	0.037	0.044	0.045	0.168	0.150	0.047	0.010	0.038	0.036	0.025
Total X	0.501	0.844	0.939	0.905	0.873	0.909	0.946	0.971	0.958	0.968	0.932	0.941	0.924	0.974	0.955	0.955	0.939	0.938	0.913	0.946	0.736	0.924	0.892	0.907
OH-	1.863	1.892	1.910	1.921	1.919	1.895	1.887	1.846	1.862	1.871	1.836	1.892	1.869	1.890	1.930	1.890	1.796	1.950	1.922	1.926	1.907	1.973	1.919	1.974
Cl-	0.003	0.000	0.001	0.001	0.000	0.002	0.000	0.001	0.001	0.001	0.001	0.002	0.002	0.001	0.001	0.004	0.001	0.000	0.000	0.003	0.001	0.000	0.000	0.002
F-	0.134	0.108	0.090	0.079	0.082	0.104	0.112	0.153	0.138	0.129	0.163	0.107	0.129	0.109	0.069	0.107	0.203	0.050	0.078	0.071	0.091	0.027	0.081	0.026
S2-	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Total Y	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000

ANEXO 2

2.3.14. Biotite

Amostra	S1.25.00_3				S1.25.00_4				S1.25.00_5				S8.34.80_4			S8.34.80_5		S8.35.75_1			S8.35.75_4			S8.35.75_1			
wt %	1	2	3	4	1	2	3	4	2	3	4	2	3	4	2	5	1	2	3	2	3	1	2	3	4		
SiO2	42.12	40.18	40.26	39.98	42.77	40.53	40.82	40.26	43.34	42.34	42.80	43.35	39.77	39.88	39.63	42.47	41.34	40.44	41.00	40.69	40.94	39.01	38.91	39.96	39.36		
Al2O3	17.26	15.79	15.63	14.94	15.93	15.43	14.25	15.45	13.67	14.26	12.25	12.75	15.62	14.66	15.40	13.61	16.48	14.00	18.43	14.81	16.01	19.36	18.27	16.84	17.34		
MgO	13.48	13.79	13.76	14.81	13.55	14.25	15.15	13.90	13.79	13.13	15.18	15.49	12.87	13.19	12.75	14.94	12.61	13.78	11.85	13.38	13.32	13.30	14.06	14.89	14.36		
K2O	8.10	9.17	9.15	9.00	8.62	9.02	8.89	8.92	9.15	9.26	9.27	8.56	8.87	8.68	8.72	8.83	8.21	8.50	6.75	7.92	8.77	8.59	8.71	8.86	8.82		
FeO	8.95	16.12	16.14	12.21	6.77	11.96	11.89	10.79	8.64	8.75	10.14	8.86	12.23	11.11	10.79	8.60	8.92	11.99	6.15	12.34	10.87	8.82	9.23	9.10	9.66		
Fe2O3	5.66	0.00	0.00	4.79	7.30	4.60	4.59	5.69	6.18	6.12	4.79	5.22	5.19	5.60	6.19	5.64	6.67	5.44	8.82	5.39	4.81	6.02	5.71	5.09	5.26		
Mn2O3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00			
MnO	0.28	0.38	0.34	0.35	0.30	0.36	0.34	0.39	0.27	0.34	0.30	0.58	0.90	0.78	0.86	0.67	0.89	0.92	0.71	0.71	0.92	0.32	0.33	0.33	0.28		
CaO	0.02	0.08	0.10	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.03	0.03	0.01	0.00	0.01	0.04	0.02	0.04	0.04	0.16	0.08	0.04	0.02	0.02	0.02	0.03		
Na2O	0.03	0.08	0.07	0.07	0.04	0.05	0.07	0.05	0.04	0.05	0.11	0.05	0.06	0.06	0.05	0.06	0.01	0.01	0.01	0.06	0.04	0.02	0.03	0.04	0.04		
BaO	0.00	0.07	0.08	0.05	0.06	0.08	0.07	0.06	0.04	0.00	0.10	0.05	0.07	0.10	0.09	0.07	0.04	0.05	0.09	0.04	0.06	0.14	0.14	0.23	0.19		
Cs2O	0.01	0.09	0.04	0.08	0.08	0.06	0.02	0.07	0.04	0.04	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
SnO2	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.		
TiO2	0.16	0.15	0.18	0.24	0.09	0.20	0.21	0.15	0.10	0.11	0.05	0.23	0.47	0.39	0.60	0.28	0.55	0.57	0.51	0.40	0.42	0.98	0.99	0.99	1.02		
Cr2O3	0.06	0.02	0.10	0.07	0.06	0.06	0.09	0.07	0.09	0.03	0.08	0.08	0.06	0.05	0.07	0.08	0.05	0.08	0.06	0.10	0.07	0.09	0.09	0.14	0.12		
V2O3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
ZnO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
Li2O	0.03	0.00	0.00	0.02	0.01	0.00	0.02	0.00	0.25	1.23	0.45	0.35	0.03	1.28	0.62	0.31	0.04	0.03	1.19	0.00	0.04	0.03	0.00	0.00	0.00		
Cl	0.05	0.05	0.05	0.04	0.05	0.07	0.03	0.04	0.06	0.05	0.10	0.05	0.05	0.14	0.08	0.04	0.05	0.06	0.07	0.06	0.03	0.02	0.02	0.05	0.04		
F	2.60	2.96	2.27	2.85	3.22	2.72	3.06	3.03	2.90	2.91	3.59	3.33	2.19	2.53	2.28	3.39	1.30	1.62	1.05	1.73	1.53	0.85	0.96	1.08	1.03		
S	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
Total	98.79	98.92	98.16	99.51	98.84	99.38	99.50	98.86	98.55	98.63	99.28	98.96	98.37	98.45	98.15	99.03	97.19	97.53	96.84	97.71	97.85	97.57	97.44	97.61	97.52		
a.p.f.u. (cálculos com base em 11 oxigénios)																											
Si4+	2.998	2.968	2.974	2.918	3.058	2.947	2.973	2.944	3.126	3.051	3.114	3.120	2.921	2.915	2.904	3.068	2.980	2.973	2.897	2.975	2.966	2.791	2.802	2.873	2.840		
Al3+	1.002	1.032	1.026	1.082	0.942	1.053	1.028	1.056	0.874	0.949	0.886	0.880	1.079	1.085	1.097	0.932	1.021	1.027	1.103	1.025	1.034	1.209	1.198	1.127	1.160		
Total iv	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000		
W6+	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000		
Ta5+	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000		
Nb5+	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000		
Sn4+	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000		
Ti4+	0.009	0.008	0.010	0.013	0.005	0.011	0.011	0.008	0.005	0.006	0.003	0.013	0.026	0.022	0.033	0.015	0.030	0.032	0.027	0.022	0.023	0.053	0.054	0.054	0.055		
Fe3+	0.303	0.000	0.000	0.263	0.393	0.252	0.251	0.313	0.336	0.332	0.262	0.283	0.287	0.308	0.341	0.307	0.362	0.301	0.469	0.297	0.262	0.324	0.309	0.275	0.286		
Mn3+	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000		
Cr3+	0.003	0.001	0.006	0.004	0.003	0.004	0.005	0.004	0.005	0.002	0.005	0.004	0.003	0.003	0.004	0.005	0.003	0.005	0.003	0.006	0.004	0.005	0.005	0.008	0.007		
V3+	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000		
Al3+	0.446	0.342	0.335	0.203	0.400	0.268	0.195	0.276	0.288	0.263	0.164	0.202	0.274	0.178	0.233	0.226	0.380	0.186	0.431	0.252	0.333	0.424	0.353	0.301	0.314		
Zn2+	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000		
Fe2+	0.533	0.996	0.997	0.745	0.405	0.727	0.724	0.660	0.521	0.528	0.617	0.533	0.751	0.679	0.661	0.520	0.538	0.737	0.363	0.755	0.659	0.528	0.556	0.547	0.583		
Mn2+	0.017	0.024	0.021	0.022	0.018	0.022	0.021	0.024	0.017	0.021	0.019	0.035	0.056	0.048	0.054	0.041	0.055	0.057	0.043	0.044	0.056	0.020	0.020	0.020	0.017		
Mg2+	1.430	1.518	1.515	1.611	1.444	1.545	1.645	1.516	1.483	1.411	1.646	1.662	1.409	1.438	1.393	1.609	1.355	1.510	1.248	1.458	1.439	1.419	1.509	1.596	1.544		
Li+	0.008	0.000	0.000	0.007	0.002	0.000	0.006	0.000	0.074	0.357	0.130	0.102	0.008	0.376	0.183	0.090	0.011	0.009	0.338	0.000	0.010	0.010	0.000	0.000	0.000		
Total vi	2.749	2.889	2.885	2.869	2.669	2.829	2.859	2.801	2.728	2.918	2.846	2.834	2.814	3.052	2.901	2.812	2.731	2.836	2.923	2.833	2.787	2.782	2.805	2.801	2.806		

ANEXO 2

Cs+	0.000	0.003	0.001	0.002	0.002	0.002	0.001	0.002	0.001	0.001	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
K+	0.736	0.864	0.862	0.838	0.787	0.836	0.826	0.832	0.842	0.851	0.860	0.786	0.831	0.810	0.815	0.813	0.755	0.797	0.609	0.738	0.811	0.784	0.800	0.813	0.812
Na+	0.004	0.012	0.010	0.011	0.006	0.007	0.009	0.007	0.005	0.007	0.016	0.007	0.009	0.009	0.007	0.009	0.002	0.002	0.002	0.008	0.006	0.003	0.004	0.006	0.005
Total X	0.741	0.886	0.884	0.852	0.798	0.848	0.839	0.843	0.850	0.861	0.883	0.796	0.842	0.822	0.828	0.826	0.761	0.804	0.625	0.754	0.821	0.792	0.809	0.826	0.825
OH-	1.409	1.303	1.465	1.337	1.267	1.365	1.290	1.295	1.332	1.331	1.162	1.237	1.486	1.399	1.464	1.220	1.698	1.617	1.758	1.593	1.647	1.806	1.778	1.749	1.761
Cl-	0.006	0.007	0.006	0.005	0.006	0.008	0.004	0.005	0.007	0.006	0.012	0.006	0.007	0.017	0.009	0.005	0.006	0.007	0.008	0.007	0.004	0.003	0.003	0.006	0.005
F-	0.585	0.690	0.529	0.658	0.727	0.626	0.705	0.700	0.661	0.663	0.826	0.757	0.508	0.585	0.527	0.775	0.296	0.376	0.234	0.401	0.350	0.191	0.219	0.246	0.234
S2-	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Total Y	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000

Amostra	S8.35.75_5						S11.22.00.L1_1				S11.22.00.L1_2		S11.22.00.L1_4						S1.25.00_1			
wt %	1	2	3	4	5	6	4	5	7	8	2	3	1	2	3	5	6	1	2	3	4	
SiO2	41.08	44.46	41.41	43.00	41.17	39.86	38.26	40.06	38.83	38.84	39.42	38.55	38.89	42.55	38.64	38.74	38.90	41.47	42.06	41.08	39.70	
Al2O3	16.35	12.16	14.41	12.70	15.73	15.45	18.43	16.10	16.00	16.04	15.45	16.09	17.29	14.10	16.82	16.99	17.00	15.41	14.46	15.07	15.50	
MgO	12.12	15.10	14.45	15.93	13.13	13.42	9.78	10.39	11.05	11.01	10.59	9.52	10.26	13.72	10.22	10.10	10.18	13.66	14.40	13.92	13.67	
K2O	7.80	8.48	8.72	8.89	7.80	8.98	7.13	7.60	8.71	8.75	8.43	8.32	8.62	9.20	8.73	9.08	8.58	9.14	9.30	9.26	9.00	
FeO	9.35	8.76	11.81	11.42	10.85	11.93	11.71	12.44	14.79	14.77	13.67	14.32	14.98	11.28	12.78	19.44	15.29	12.01	11.05	16.31	10.65	
Fe2O3	7.55	5.19	4.81	4.00	5.59	5.25	8.17	7.03	5.49	5.51	6.41	6.57	5.12	4.16	6.95	0.00	5.01	4.55	4.49	0.00	6.34	
Mn2O3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
MnO	0.75	0.69	0.71	0.70	0.89	0.95	0.22	0.21	0.30	0.27	0.26	0.25	0.24	0.21	0.25	0.25	0.26	0.36	0.35	0.36	0.37	
CaO	0.06	0.09	0.03	0.02	0.08	0.02	0.03	0.10	0.03	0.02	0.03	0.01	0.05	0.04	0.02	0.06	0.05	0.01	0.02	0.02	0.05	
Na2O	0.07	0.10	0.05	0.05	0.07	0.02	0.07	0.06	0.08	0.09	0.08	0.06	0.08	0.06	0.09	0.06	0.04	0.04	0.06	0.08	0.07	
BaO	0.01	0.00	0.01	0.02	0.01	0.10	0.16	0.07	0.00	0.04	0.07	0.08	0.09	0.05	0.15	0.07	0.12	0.08	0.07	0.04	0.04	
Cs2O	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.12	0.03	0.05	0.06	
SnO2	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	
TiO2	0.37	0.25	0.53	0.32	0.55	0.51	1.14	0.99	1.16	1.17	0.86	1.16	1.12	0.69	1.09	1.14	1.05	0.06	0.10	0.09	0.06	
Cr2O3	0.09	0.07	0.11	0.09	0.07	0.05	0.08	0.27	0.14	0.16	0.18	0.12	0.11	0.07	0.13	0.07	0.14	0.08	0.05	0.10	0.07	
V2O3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
ZnO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Li2O	0.12	0.28	0.02	0.02	0.00	0.02	0.67	0.50	0.02	0.02	0.41	0.90	0.04	0.04	0.03	0.00	0.04	0.04	0.00	0.00	0.22	
Cl	0.10	0.12	0.05	0.08	0.13	0.06	0.07	0.03	0.05	0.04	0.02	0.05	0.03	0.05	0.04	0.03	0.03	0.07	0.06	0.08	0.05	
F	1.34	2.21	2.02	2.26	1.52	1.55	1.38	1.71	1.90	1.80	2.11	1.43	1.69	2.55	1.84	1.60	1.72	2.48	2.50	2.83	2.44	
S	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Total	97.17	97.96	99.14	99.51	97.56	98.19	97.29	97.56	98.54	98.51	97.98	97.43	98.60	98.76	97.78	97.64	98.43	99.58	98.98	99.30	98.25	

a.p.f.u. (cálculos com base em 11 oxigénios)																					
Si4+	2.970	3.190	2.990	3.087	2.982	2.915	2.792	2.929	2.869	2.869	2.917	2.856	2.857	3.080	2.860	2.903	2.869	2.997	3.044	3.017	2.911
Al3+	1.030	0.810	1.011	0.914	1.019	1.085	1.208	1.071	1.131	1.131	1.083	1.144	1.143	0.920	1.140	1.097	1.131	1.003	0.957	0.983	1.089
Total iv	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000
W6+	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Ta5+	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Nb5+	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Sn4+	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Ti4+	0.020	0.013	0.029	0.017	0.030	0.028	0.062	0.055	0.064	0.065	0.048	0.065	0.062	0.037	0.061	0.064	0.059	0.003	0.005	0.005	0.004
Fe3+	0.411	0.280	0.261	0.216	0.305	0.289	0.449	0.387	0.305	0.306	0.357	0.367	0.283	0.227	0.387	0.000	0.278	0.248	0.245	0.000	0.350
Mn3+	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Cr3+	0.005	0.004	0.006	0.005	0.004	0.003	0.005	0.016	0.008	0.009	0.010	0.007	0.006	0.004	0.008	0.004	0.008	0.005	0.003	0.006	0.004
V3+	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

ANEXO 2

Al3+	0.363	0.218	0.216	0.161	0.324	0.246	0.377	0.316	0.263	0.265	0.264	0.261	0.355	0.283	0.328	0.404	0.347	0.309	0.277	0.321	0.250
Zn2+	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Fe2+	0.565	0.526	0.713	0.686	0.657	0.730	0.714	0.760	0.914	0.912	0.846	0.887	0.921	0.683	0.792	1.218	0.943	0.726	0.669	1.002	0.653
Mn2+	0.046	0.042	0.043	0.043	0.055	0.059	0.014	0.013	0.019	0.017	0.016	0.016	0.015	0.013	0.016	0.016	0.017	0.022	0.022	0.022	0.023
Mg2+	1.307	1.615	1.555	1.705	1.418	1.463	1.064	1.133	1.218	1.212	1.168	1.052	1.124	1.480	1.128	1.128	1.119	1.471	1.553	1.524	1.494
Li+	0.036	0.080	0.006	0.006	0.000	0.007	0.198	0.147	0.007	0.007	0.121	0.270	0.012	0.010	0.009	0.000	0.013	0.011	0.000	0.000	0.064
Total vi	2.753	2.778	2.830	2.838	2.792	2.824	2.882	2.826	2.798	2.793	2.831	2.924	2.778	2.737	2.727	2.834	2.783	2.795	2.773	2.880	2.840
Ba2+	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.003	0.004	0.002	0.000	0.001	0.002	0.002	0.003	0.001	0.004	0.002	0.004	0.002	0.002	0.001	0.001
Ca2+	0.005	0.007	0.003	0.002	0.006	0.001	0.002	0.008	0.002	0.002	0.002	0.001	0.004	0.003	0.002	0.005	0.004	0.001	0.002	0.002	0.004
Cs+	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.004	0.001	0.002	0.002
K+	0.720	0.776	0.803	0.814	0.721	0.838	0.664	0.709	0.821	0.824	0.796	0.787	0.808	0.849	0.825	0.869	0.807	0.843	0.858	0.868	0.842
Na+	0.010	0.014	0.007	0.007	0.010	0.003	0.009	0.008	0.011	0.013	0.012	0.009	0.011	0.009	0.013	0.009	0.006	0.006	0.008	0.012	0.010
Total X	0.735	0.797	0.813	0.824	0.737	0.846	0.680	0.727	0.834	0.839	0.812	0.799	0.825	0.863	0.844	0.884	0.821	0.855	0.871	0.884	0.858
OH-	1.681	1.484	1.532	1.478	1.638	1.635	1.674	1.602	1.551	1.575	1.504	1.660	1.605	1.410	1.565	1.616	1.595	1.425	1.422	1.333	1.428
Cl-	0.012	0.014	0.006	0.009	0.016	0.007	0.009	0.003	0.006	0.005	0.002	0.006	0.003	0.006	0.005	0.004	0.004	0.008	0.007	0.010	0.006
F-	0.307	0.502	0.462	0.513	0.347	0.358	0.317	0.395	0.444	0.420	0.494	0.334	0.392	0.584	0.431	0.380	0.401	0.567	0.571	0.658	0.565
S2-	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Total Y	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000

Amostra	S1.81.60_4			S1.82.39.L1_3			S1.75.95.L2_1			S1.75.95.L2_2			S1.75.95.L2_3			S1.75.95.L2_4					
wt %	1	2	3	2	5	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
SiO2	37.53	37.69	38.72	37.46	38.33	38.22	38.29	37.97	38.10	38.20	38.76	38.58	39.51	38.88	37.90	39.00	37.81	37.70	37.54	38.33	38.35
Al2O3	19.13	18.81	17.30	19.04	18.81	17.61	17.33	17.59	17.74	18.24	16.89	17.22	16.69	16.61	17.62	16.68	17.59	17.96	17.77	17.05	17.29
MgO	11.03	10.93	11.55	10.44	10.55	10.26	10.97	10.50	10.20	10.32	11.36	10.83	11.21	12.11	10.18	11.51	10.53	10.31	10.35	10.52	10.58
K2O	8.18	8.52	6.76	7.50	7.45	8.28	8.55	8.85	9.00	8.75	8.96	8.73	8.65	8.31	8.83	8.46	8.52	8.39	8.52	8.61	8.77
FeO	13.14	13.35	12.43	14.29	13.53	15.60	14.68	15.14	15.21	15.26	11.93	15.30	14.78	14.18	15.34	13.65	15.69	15.60	15.12	15.30	15.00
Fe2O3	5.65	5.55	7.39	6.04	5.99	5.43	5.24	5.39	5.46	5.44	6.94	5.19	5.15	5.00	5.42	5.65	5.29	5.50	5.44	5.22	5.29
Mn2O3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
MnO	0.22	0.19	0.20	0.15	0.10	0.20	0.32	0.30	0.28	0.31	0.25	0.26	0.29	0.23	0.23	0.26	0.26	0.26	0.32	0.22	0.28
CaO	0.03	0.02	0.02	0.01	0.00	0.04	0.07	0.05	0.03	0.02	0.02	0.01	0.02	0.03	0.03	0.01	0.01	0.03	0.06	0.04	0.03
Na2O	0.07	0.02	0.02	0.04	0.01	0.01	0.04	0.02	0.07	0.06	0.03	0.04	0.01	0.02	0.01	0.02	0.05	0.03	0.01	0.00	0.04
BaO	0.16	0.06	0.05	0.13	0.05	0.14	0.14	0.05	0.10	0.05	0.05	0.06	0.02	0.00	0.06	0.00	0.07	0.12	0.21	0.10	0.11
Cs2O	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SnO2	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
TiO2	1.43	1.36	1.23	1.26	1.35	1.24	1.26	0.99	1.21	0.57	0.54	1.20	1.01	0.81	1.15	0.88	1.18	1.14	1.11	1.08	1.17
Cr2O3	0.10	0.09	0.12	0.05	0.11	0.10	0.05	0.04	0.05	0.11	0.06	0.12	0.04	0.08	0.08	0.07	0.08	0.02	0.08	0.08	0.06
V2O3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ZnO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Li2O	0.05	0.05	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cl	0.02	0.03	0.03	0.03	0.04	0.03	0.02	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.02	0.03	0.03	0.04	0.04	0.04	0.02	0.03	0.02
F	1.30	1.44	1.88	1.20	1.11	1.39	1.78	1.38	1.63	1.19	2.19	1.63	2.00	2.07	1.33	1.72	1.65	1.27	1.59	1.65	1.73
S	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total	98.02	98.09	97.71	97.64	97.45	98.56	98.73	98.31	99.09	98.59	98.07	99.21	99.41	98.35	98.20	97.96	98.75	98.36	98.12	98.23	98.72
a.p.f.u. (cálculos com base em 11 oxigénios)																					
Si4+	2.741	2.760	2.830	2.749	2.797	2.810	2.815	2.804	2.801	2.803	2.860	2.825	2.882	2.860	2.802	2.869	2.790	2.780	2.784	2.837	2.825
Al3+	1.259	1.241	1.171	1.251	1.203	1.190	1.185	1.196	1.199	1.197	1.140	1.175	1.118	1.140	1.198	1.132	1.211	1.220	1.216	1.164	1.175
Total iv	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000

ANEXO 2

W6+	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Ta5+	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Nb5+	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Sn4+	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Ti4+	0.079	0.075	0.068	0.070	0.074	0.069	0.070	0.055	0.067	0.032	0.030	0.066	0.055	0.045	0.064	0.049	0.065	0.063	0.062	0.060	0.065
Fe3+	0.310	0.306	0.406	0.334	0.329	0.300	0.290	0.300	0.302	0.300	0.386	0.286	0.283	0.277	0.301	0.313	0.294	0.305	0.303	0.291	0.293
Mn3+	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Cr3+	0.006	0.005	0.007	0.003	0.007	0.006	0.003	0.002	0.003	0.006	0.003	0.007	0.003	0.005	0.005	0.004	0.005	0.001	0.005	0.005	0.003
V3+	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Al3+	0.388	0.382	0.320	0.396	0.415	0.337	0.317	0.334	0.338	0.379	0.329	0.311	0.317	0.301	0.337	0.315	0.319	0.340	0.337	0.324	0.326
Zn2+	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Fe2+	0.803	0.817	0.760	0.877	0.826	0.959	0.903	0.935	0.935	0.936	0.736	0.937	0.902	0.872	0.948	0.840	0.968	0.962	0.938	0.947	0.924
Mn2+	0.014	0.012	0.012	0.009	0.006	0.012	0.020	0.019	0.017	0.019	0.016	0.016	0.018	0.014	0.014	0.016	0.016	0.016	0.020	0.014	0.018
Mg2+	1.201	1.193	1.258	1.142	1.148	1.125	1.202	1.156	1.117	1.129	1.250	1.182	1.219	1.328	1.123	1.262	1.158	1.133	1.144	1.161	1.162
Li+	0.014	0.013	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.012	0.013	0.000	0.000	0.000	0.000	0.008	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Total vi	2.813	2.803	2.833	2.831	2.803	2.808	2.804	2.801	2.779	2.814	2.762	2.806	2.797	2.841	2.792	2.806	2.824	2.821	2.809	2.800	2.791
Ba2+	0.005	0.002	0.001	0.004	0.002	0.004	0.004	0.002	0.003	0.001	0.001	0.002	0.001	0.000	0.002	0.000	0.002	0.004	0.006	0.003	0.003
Ca2+	0.002	0.002	0.001	0.001	0.000	0.003	0.006	0.004	0.003	0.001	0.001	0.001	0.002	0.003	0.003	0.001	0.001	0.003	0.004	0.003	0.003
Cs+	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
K+	0.762	0.796	0.631	0.702	0.694	0.777	0.802	0.834	0.844	0.819	0.844	0.816	0.805	0.780	0.833	0.794	0.802	0.790	0.806	0.812	0.824
Na+	0.010	0.002	0.003	0.006	0.002	0.002	0.006	0.003	0.010	0.008	0.004	0.006	0.002	0.002	0.001	0.002	0.007	0.004	0.001	0.000	0.006
Total X	0.778	0.802	0.636	0.713	0.697	0.786	0.817	0.842	0.860	0.830	0.851	0.825	0.810	0.784	0.838	0.797	0.812	0.800	0.817	0.818	0.836
OH-	1.699	1.663	1.561	1.718	1.739	1.673	1.584	1.672	1.617	1.720	1.483	1.619	1.535	1.514	1.685	1.597	1.611	1.700	1.625	1.609	1.595
Cl-	0.002	0.003	0.004	0.003	0.005	0.004	0.003	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.003	0.004	0.004	0.005	0.005	0.005	0.002	0.004	0.003
F-	0.299	0.334	0.435	0.279	0.257	0.323	0.413	0.323	0.379	0.275	0.512	0.377	0.462	0.482	0.311	0.399	0.384	0.295	0.373	0.387	0.402
S2-	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Total Y	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000

Amostra	S1.81.60_1				S1.81.60_2				S1.82.39.L1_1				S1.82.39.L1_5			S11.70.40_5		S1.75.95.L2_5			
wt %	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	2	3	1	2	3	4
SiO2	38.05	37.87	38.00	38.90	38.17	38.22	38.27	38.09	37.51	37.73	37.83	37.42	36.13	37.48	36.18	38.40	37.78	37.67	39.83	38.14	38.36
Al2O3	18.38	18.40	18.16	18.16	18.07	17.46	17.87	17.83	18.60	18.73	19.11	19.03	18.04	18.61	16.31	18.08	18.89	17.74	17.00	17.61	17.54
MgO	11.47	11.30	11.65	11.47	11.73	11.15	10.88	11.02	10.65	10.89	11.02	10.36	11.15	10.70	10.28	11.72	10.69	11.10	11.38	10.42	10.41
K2O	8.12	8.02	8.11	8.24	7.59	7.50	7.92	7.92	8.36	8.31	8.36	8.25	6.69	8.00	8.23	8.38	8.43	7.16	8.29	8.57	7.53
FeO	12.25	12.43	13.73	13.36	13.69	12.29	14.80	14.72	12.28	13.68	13.16	14.16	18.20	14.76	16.99	11.53	13.41	13.89	13.58	15.12	15.60
Fe2O3	6.50	6.33	5.55	5.39	5.55	7.43	5.54	5.49	7.18	5.55	5.72	5.66	5.80	5.81	6.04	6.43	5.63	6.88	5.09	5.42	5.45
Mn2O3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
MnO	0.15	0.25	0.19	0.21	0.22	0.23	0.21	0.21	0.07	0.14	0.07	0.09	0.33	0.17	0.19	0.16	0.19	0.22	0.19	0.23	0.26
CaO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.01	0.02	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.03	0.02	0.02	0.05	0.04	0.05	0.02	0.04	0.04
Na2O	0.05	0.05	0.07	0.07	0.09	0.05	0.03	0.04	0.00	0.04	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.03	0.01	0.02	0.04	0.01	0.01
BaO	0.07	0.05	0.08	0.00	0.09	0.11	0.03	0.05	0.02	0.09	0.10	0.21	0.10	0.06	0.02	0.06	0.07	0.07	0.10	0.05	0.08
Cs2O	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SnO2	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	0.00	0.02	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
TiO2	1.19	1.24	1.27	1.24	1.29	1.30	1.24	1.21	1.20	1.23	1.24	1.24	0.81	1.05	1.14	1.36	1.38	1.03	1.12	1.21	1.23
Cr2O3	0.07	0.05	0.05	0.08	0.05	0.08	0.04	0.06	0.17	0.11	0.17	0.21	0.03	0.07	0.07	0.13	0.16	0.10	0.14	0.11	0.11
V2O3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ZnO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

ANEXO 2

Li2O	0.03	0.02	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.04	0.04	0.03	0.00	0.63	0.03	0.04	0.02	0.04	0.00	0.00
Cl	0.06	0.06	0.04	0.05	0.04	0.03	0.05	0.05	0.02	0.02	0.03	0.03	0.03	0.03	0.02	0.03	0.01	0.04	0.02	0.06	0.05
F	1.44	1.50	1.53	1.50	1.85	1.79	1.51	1.64	1.53	1.49	1.25	1.25	1.06	1.36	1.16	1.38	1.22	1.45	2.01	1.50	1.59
S	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total	97.81	97.57	98.43	98.69	98.45	97.65	98.41	98.33	97.60	98.06	98.15	97.99	98.45	98.13	97.28	97.76	97.97	97.46	98.84	98.48	98.26
a.p.f.u. (cálculos com base em 11 oxigénios)																					
Si4+	2.780	2.776	2.776	2.819	2.787	2.808	2.803	2.797	2.759	2.765	2.756	2.747	2.676	2.754	2.725	2.798	2.762	2.778	2.897	2.808	2.821
Al3+	1.220	1.224	1.225	1.181	1.213	1.192	1.197	1.203	1.241	1.235	1.244	1.253	1.324	1.246	1.275	1.202	1.238	1.223	1.103	1.192	1.179
Total iv	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000
W6+	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Ta5+	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Nb5+	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Sn4+	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000
Ti4+	0.065	0.069	0.070	0.068	0.071	0.072	0.068	0.067	0.067	0.068	0.068	0.068	0.045	0.058	0.065	0.074	0.076	0.057	0.061	0.067	0.068
Fe3+	0.357	0.349	0.305	0.294	0.305	0.411	0.306	0.303	0.398	0.306	0.314	0.313	0.324	0.321	0.342	0.353	0.310	0.382	0.279	0.300	0.302
Mn3+	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Cr3+	0.004	0.003	0.003	0.004	0.003	0.005	0.002	0.003	0.010	0.006	0.010	0.012	0.002	0.004	0.004	0.007	0.009	0.006	0.008	0.006	0.007
V3+	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Al3+	0.362	0.366	0.338	0.370	0.341	0.320	0.346	0.340	0.371	0.384	0.398	0.394	0.251	0.366	0.172	0.351	0.390	0.319	0.354	0.337	0.342
Zn2+	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Fe2+	0.748	0.762	0.839	0.810	0.836	0.755	0.907	0.904	0.755	0.839	0.802	0.870	1.127	0.907	1.070	0.702	0.820	0.857	0.826	0.931	0.960
Mn2+	0.010	0.016	0.012	0.013	0.014	0.014	0.013	0.013	0.004	0.009	0.004	0.006	0.021	0.011	0.012	0.010	0.012	0.014	0.012	0.015	0.016
Mg2+	1.249	1.236	1.268	1.240	1.277	1.221	1.188	1.207	1.168	1.190	1.197	1.134	1.232	1.172	1.155	1.273	1.165	1.220	1.233	1.144	1.142
Li+	0.009	0.007	0.000	0.012	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.013	0.012	0.013	0.008	0.000	0.190	0.008	0.013	0.006	0.011	0.000	0.000
Total vi	2.804	2.807	2.835	2.810	2.846	2.798	2.829	2.837	2.772	2.814	2.805	2.810	3.010	2.840	3.010	2.778	2.795	2.860	2.784	2.800	2.836
Ba2+	0.002	0.001	0.002	0.000	0.003	0.003	0.001	0.001	0.001	0.003	0.003	0.006	0.003	0.002	0.001	0.002	0.002	0.002	0.003	0.001	0.002
Ca2+	0.000	0.000	0.000	0.000	0.003	0.001	0.002	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000	0.003	0.001	0.001	0.004	0.003	0.004	0.002	0.003	0.004
Cs+	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
K+	0.757	0.750	0.756	0.762	0.707	0.703	0.740	0.742	0.785	0.777	0.778	0.773	0.632	0.750	0.791	0.779	0.786	0.673	0.769	0.805	0.706
Na+	0.007	0.007	0.009	0.010	0.013	0.008	0.004	0.006	0.000	0.005	0.005	0.005	0.002	0.003	0.002	0.004	0.001	0.003	0.006	0.001	0.002
Total X	0.766	0.759	0.767	0.772	0.725	0.714	0.747	0.749	0.785	0.785	0.786	0.784	0.640	0.756	0.795	0.789	0.793	0.683	0.780	0.810	0.714
OH-	1.661	1.646	1.641	1.650	1.569	1.581	1.644	1.612	1.642	1.652	1.708	1.708	1.747	1.681	1.721	1.678	1.716	1.656	1.536	1.644	1.625
Cl-	0.007	0.007	0.005	0.006	0.005	0.004	0.007	0.006	0.002	0.003	0.004	0.003	0.004	0.003	0.002	0.004	0.001	0.005	0.002	0.007	0.006
F-	0.332	0.347	0.354	0.344	0.426	0.415	0.349	0.382	0.356	0.345	0.289	0.289	0.249	0.316	0.277	0.318	0.283	0.339	0.462	0.349	0.369
S2-	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Total Y	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000

Amostra	S8.68.80.L22				S8.68.80.L2_3				S8.68.80.L2_4			S1.37.70.L1_1			S11.70.40_2			S1.25.00_2			
wt %	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	4	1	2	3	1	2	3	1	2	3	4
SiO2	40.27	40.48	40.01	39.90	40.65	40.71	40.16	39.96	40.56	40.56	38.66	37.84	37.58	38.13	38.28	37.92	37.88	40.25	40.68	40.61	40.52
Al2O3	16.68	16.28	16.80	16.92	16.10	16.11	16.25	16.07	16.07	15.94	16.94	18.71	19.03	18.72	18.66	21.10	18.53	14.63	15.21	14.90	14.16
MgO	11.46	11.67	11.58	11.23	11.67	11.91	11.63	11.71	11.93	12.35	11.14	12.37	11.80	12.05	11.52	9.49	12.19	14.92	13.86	14.61	14.90
K2O	6.12	6.81	7.06	7.28	7.22	7.37	6.67	7.22	7.08	7.77	6.58	8.72	8.50	8.83	8.48	7.22	8.68	9.04	9.03	9.04	8.80
FeO	11.64	12.92	11.81	11.44	13.50	14.08	12.15	12.35	14.15	13.82	13.38	12.11	12.50	11.96	12.52	8.45	12.26	12.03	12.00	11.31	12.59
Fe2O3	7.25	6.31	7.14	7.63	5.55	4.83	6.97	6.92	5.07	4.96	7.02	5.71	5.87	5.85	5.84	9.80	5.66	4.70	4.62	5.07	4.48
Mn2O3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
MnO	0.29	0.31	0.30	0.30	0.30	0.30	0.27	0.29	0.27	0.31	0.29	0.19	0.17	0.15	0.16	0.20	0.23	0.33	0.35	0.34	0.37

ANEXO 2

CaO	0.04	0.05	0.03	0.07	0.02	0.06	0.02	0.01	0.04	0.03	0.03	0.01	0.05	0.03	0.04	0.01	0.00	0.00	0.01	0.01	0.02
Na2O	0.01	0.03	0.04	0.04	0.00	0.03	0.03	0.00	0.03	0.03	0.05	0.07	0.05	0.06	0.04	0.01	0.05	0.07	0.05	0.07	0.04
BaO	0.10	0.11	0.07	0.02	0.05	0.08	0.02	0.08	0.06	0.11	0.09	0.11	0.08	0.04	0.06	0.18	0.12	0.10	0.02	0.05	0.00
Cs2O	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.06	0.04	0.07
SnO2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.03	0.00	0.05	0.00	0.00	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
TiO2	0.85	0.83	0.83	0.83	0.92	0.89	0.94	1.04	0.87	0.77	0.84	1.23	1.32	1.20	1.52	1.22	1.30	0.21	0.20	0.16	0.24
Cr2O3	0.13	0.08	0.14	0.15	0.06	0.11	0.12	0.14	0.11	0.17	0.14	0.12	0.20	0.12	0.13	0.14	0.09	0.06	0.06	0.04	0.07
V2O3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ZnO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Li2O	0.96	0.02	0.04	0.00	0.04	0.04	0.60	0.01	0.00	0.00	0.72	0.00	0.00	0.00	0.00	0.07	0.00	0.02	0.00	0.02	0.02
Cl	0.07	0.05	0.03	0.06	0.04	0.04	0.05	0.04	0.05	0.06	0.03	0.01	0.02	0.04	0.03	0.01	0.04	0.05	0.04	0.04	0.04
F	1.44	1.33	1.48	1.41	1.62	1.40	1.50	1.63	1.43	1.40	1.21	1.45	0.82	1.06	0.89	0.96	1.20	3.00	2.69	2.84	2.72
S	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total	97.31	97.28	97.36	97.28	97.73	97.96	97.37	97.48	97.71	98.25	97.18	98.68	98.00	98.20	98.21	96.80	98.19	99.45	98.88	99.15	99.03
a.p.f.u. (cálculos com base em 11 oxigénios)																					
Si4+	2.902	2.945	2.910	2.905	2.959	2.956	2.912	2.920	2.952	2.944	2.826	2.745	2.731	2.764	2.772	2.737	2.756	2.940	2.970	2.958	2.965
Al3+	1.098	1.055	1.090	1.095	1.042	1.044	1.088	1.081	1.048	1.056	1.174	1.255	1.270	1.236	1.228	1.264	1.244	1.060	1.030	1.042	1.035
Total iv	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000
W6+	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Ta5+	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Nb5+	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Sn4+	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.001	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Ti4+	0.046	0.046	0.045	0.045	0.050	0.049	0.051	0.057	0.047	0.042	0.046	0.067	0.072	0.066	0.083	0.066	0.071	0.012	0.011	0.009	0.013
Fe3+	0.393	0.346	0.391	0.418	0.304	0.264	0.380	0.380	0.278	0.271	0.387	0.312	0.321	0.319	0.318	0.532	0.310	0.259	0.254	0.278	0.247
Mn3+	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Cr3+	0.007	0.005	0.008	0.008	0.003	0.006	0.007	0.008	0.006	0.010	0.008	0.007	0.011	0.007	0.007	0.008	0.005	0.004	0.004	0.002	0.004
V3+	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Al3+	0.319	0.341	0.350	0.357	0.340	0.334	0.301	0.303	0.331	0.308	0.286	0.346	0.360	0.364	0.364	0.531	0.344	0.200	0.279	0.237	0.185
Zn2+	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Fe2+	0.702	0.786	0.718	0.696	0.821	0.855	0.737	0.755	0.862	0.839	0.818	0.735	0.760	0.725	0.758	0.510	0.746	0.735	0.733	0.689	0.770
Mn2+	0.018	0.019	0.018	0.018	0.019	0.019	0.017	0.018	0.017	0.019	0.018	0.012	0.010	0.009	0.010	0.012	0.014	0.020	0.022	0.021	0.023
Mg2+	1.232	1.265	1.255	1.219	1.266	1.289	1.257	1.275	1.294	1.336	1.215	1.338	1.278	1.302	1.244	1.021	1.322	1.625	1.509	1.587	1.625
Li+	0.278	0.007	0.010	0.000	0.011	0.011	0.176	0.003	0.000	0.000	0.211	0.000	0.000	0.000	0.000	0.021	0.000	0.007	0.000	0.007	0.006
Total vi	2.994	2.814	2.796	2.763	2.814	2.826	2.925	2.799	2.834	2.825	2.990	2.815	2.812	2.792	2.786	2.701	2.812	2.860	2.810	2.829	2.874
Ba2+	0.003	0.003	0.002	0.001	0.001	0.002	0.001	0.002	0.002	0.003	0.003	0.003	0.002	0.001	0.002	0.005	0.003	0.003	0.001	0.001	0.000
Ca2+	0.003	0.004	0.002	0.005	0.002	0.005	0.001	0.001	0.003	0.002	0.003	0.001	0.004	0.002	0.003	0.001	0.000	0.000	0.000	0.001	0.002
Cs+	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.002	0.001	0.002
K+	0.563	0.632	0.655	0.677	0.670	0.682	0.617	0.673	0.657	0.719	0.614	0.807	0.788	0.817	0.783	0.665	0.805	0.843	0.841	0.840	0.821
Na+	0.001	0.005	0.005	0.006	0.000	0.004	0.004	0.000	0.004	0.004	0.007	0.010	0.007	0.008	0.006	0.001	0.006	0.011	0.008	0.010	0.006
Total X	0.570	0.644	0.665	0.688	0.673	0.693	0.622	0.676	0.665	0.728	0.626	0.821	0.801	0.828	0.794	0.672	0.815	0.857	0.851	0.853	0.831
OH-	1.663	1.687	1.655	1.667	1.622	1.675	1.650	1.618	1.664	1.673	1.713	1.664	1.810	1.756	1.793	1.778	1.723	1.301	1.374	1.340	1.365
Cl-	0.009	0.006	0.004	0.008	0.005	0.004	0.006	0.005	0.006	0.006	0.008	0.003	0.002	0.002	0.004	0.004	0.001	0.005	0.006	0.005	0.006
F-	0.328	0.307	0.341	0.325	0.373	0.321	0.345	0.377	0.330	0.321	0.280	0.333	0.188	0.242	0.203	0.218	0.276	0.694	0.621	0.655	0.629
S2-	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Total Y	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000

ANEXO 2

2.3.15. Clorite

Amostra	S1.36.80.L2_2			S8.44.15.L2_1					S8.44.15.L2_4						S8.44.15.L2_5					
wt %	1	2	3	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
SiO ₂	27.82	27.40	27.86	29.60	29.77	29.46	29.77	29.83	28.63	28.89	28.63	28.46	28.52	28.83	28.33	28.48	29.28	28.63	28.61	28.53
FeO	20.72	21.30	21.14	20.20	20.36	20.56	19.88	19.83	21.00	21.00	21.03	21.03	21.32	21.12	22.21	20.94	20.72	21.05	20.97	21.33
Al ₂ O ₃	20.46	20.59	20.42	17.39	17.09	17.63	17.63	17.25	19.56	19.83	19.41	19.76	19.91	19.82	19.13	19.19	19.05	19.14	19.26	19.03
MgO	18.19	18.39	18.44	21.00	21.08	20.67	21.10	21.07	19.09	18.91	18.67	18.69	18.70	18.34	17.92	19.04	18.47	18.88	18.90	18.51
MnO	0.53	0.60	0.55	0.59	0.63	0.56	0.59	0.57	0.77	0.84	0.81	0.77	0.77	0.78	0.94	0.90	0.75	0.86	0.89	0.92
ZnO	0.08	0.06	0.00	0.08	0.04	0.02	0.00	0.04	0.06	0.04	0.19	0.05	0.04	0.06	0.00	0.04	0.08	0.06	0.17	0.08
Cr ₂ O ₃	0.02	0.06	0.11	0.09	0.07	0.06	0.06	0.10	0.09	0.08	0.08	0.10	0.08	0.08	0.08	0.05	0.05	0.08	0.09	0.07
NiO	0.00	0.04	0.07	0.00	0.08	0.00	0.00	0.00	0.03	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.03	0.02
CaO	0.00	0.05	0.00	0.01	0.02	0.03	0.00	0.02	0.02	0.04	0.03	0.03	0.05	0.03	0.04	0.03	0.08	0.03	0.02	0.01
Na ₂ O	0.00	0.02	0.01	0.00	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.01	0.03	0.01	0.00	0.02	0.00	0.02	0.01	0.02
K ₂ O	0.21	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.05	0.01	0.00	0.00
BaO	0.04	0.04	0.00	0.00	0.04	0.01	0.00	0.01	0.00	0.02	0.00	0.00	0.05	0.01	0.00	0.03	0.00	0.05	0.00	0.02
TiO ₂	0.00	0.00	0.02	0.01	0.00	0.02	0.00	0.01	0.03	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
F	0.20	0.31	0.16	0.18	0.16	0.26	0.23	0.31	0.11	0.17	0.32	0.25	0.24	0.00	0.01	0.23	0.20	0.11	0.23	0.03
Total	88.28	88.87	88.80	89.14	89.38	89.29	89.26	89.03	89.39	89.84	89.20	89.16	89.70	89.08	88.66	88.94	88.72	88.90	89.18	88.56
a.p.f.u. (cálculo com base em 14 oxigénios)																				
Si	2.844	2.797	2.833	2.985	2.999	2.973	2.990	3.009	2.890	2.899	2.905	2.884	2.876	2.913	2.901	2.896	2.971	2.909	2.902	2.913
Fe	1.771	1.817	1.798	1.704	1.715	1.735	1.670	1.672	1.772	1.762	1.784	1.782	1.798	1.785	1.902	1.781	1.758	1.788	1.778	1.822
Al	2.465	2.476	2.447	2.066	2.028	2.097	2.087	2.050	2.326	2.346	2.322	2.360	2.367	2.361	2.309	2.300	2.278	2.293	2.303	2.290
Mg	2.773	2.798	2.796	3.157	3.166	3.109	3.160	3.167	2.871	2.830	2.824	2.823	2.811	2.762	2.735	2.885	2.794	2.859	2.858	2.818
Mn	0.046	0.052	0.047	0.050	0.054	0.047	0.050	0.049	0.066	0.071	0.070	0.066	0.065	0.067	0.082	0.077	0.064	0.074	0.077	0.080
Zn	0.006	0.004	0.000	0.006	0.003	0.002	0.000	0.003	0.004	0.003	0.014	0.004	0.003	0.004	0.000	0.003	0.006	0.004	0.013	0.006
Cr	0.001	0.003	0.004	0.004	0.003	0.002	0.003	0.004	0.004	0.003	0.003	0.004	0.003	0.003	0.003	0.002	0.002	0.003	0.004	0.003
Ni	0.000	0.003	0.006	0.000	0.007	0.000	0.000	0.000	0.003	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.002	0.002
Ca	0.000	0.005	0.000	0.001	0.003	0.003	0.000	0.002	0.002	0.004	0.003	0.003	0.005	0.004	0.004	0.003	0.009	0.003	0.002	0.001
Na	0.000	0.002	0.001	0.000	0.002	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.003	0.001	0.003	0.001	0.000	0.002	0.000	0.002	0.000	0.002
K	0.014	0.001	0.001	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.003	0.000	0.000	0.000
Ba	0.002	0.001	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.002	0.000	0.000	0.001	0.000	0.002	0.000	0.001
Ti	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.001	0.000	0.001	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
F	0.064	0.099	0.052	0.056	0.052	0.082	0.072	0.099	0.036	0.053	0.102	0.079	0.076	0.000	0.002	0.074	0.064	0.037	0.074	0.010
Total vi	5.906	5.950	5.933	5.973	5.974	5.968	5.960	5.955	5.938	5.917	5.922	5.924	5.924	5.895	5.934	5.944	5.874	5.931	5.937	5.933
Total iv	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000
Total (OH, F)	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000

ANEXO 2

Amostra	S8.68.80.12_2					S8.68.80.12_3					S8.68.80.12_4					S8.44.15.12_2				
wt %	1	3	4	5	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
SiO ₂	26.40	26.80	26.86	25.70	25.98	26.07	26.05	26.61	27.32	26.49	26.37	26.55	26.57	26.15	26.34	28.52	28.64	28.75	28.70	28.48
FeO	29.22	29.90	28.82	31.24	30.71	30.47	30.48	29.56	28.93	28.80	29.78	30.12	28.86	31.01	29.14	21.05	20.43	20.83	20.90	21.05
Al ₂ O ₃	19.66	20.43	19.76	20.23	20.38	19.94	20.15	20.08	19.58	19.90	19.87	19.88	19.72	20.26	19.84	19.61	19.49	19.76	20.04	19.71
MgO	12.64	11.54	12.39	10.83	11.49	11.62	10.86	12.18	12.10	12.28	12.00	12.12	12.64	11.07	12.42	18.65	19.40	18.56	18.71	18.64
MnO	0.71	0.74	0.67	0.75	0.77	0.81	0.75	0.65	0.72	0.68	0.73	0.74	0.76	0.75	0.68	0.83	0.72	0.74	0.77	0.79
ZnO	0.19	0.15	0.00	0.15	0.14	0.00	0.05	0.01	0.19	0.12	0.10	0.02	0.04	0.03	0.03	0.08	0.06	0.04	0.07	0.12
Cr ₂ O ₃	0.11	0.11	0.11	0.11	0.10	0.10	0.14	0.11	0.18	0.09	0.13	0.14	0.09	0.09	0.07	0.05	0.08	0.06	0.06	0.04
NiO	0.05	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.03	0.03	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
CaO	0.00	0.05	0.01	0.00	0.01	0.02	0.02	0.00	0.02	0.03	0.02	0.00	0.00	0.02	0.01	0.02	0.01	0.02	0.00	0.00
Na ₂ O	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.02	0.00	0.02	0.01	0.01	0.03	0.01	0.00	0.01	0.01	0.02
K ₂ O	0.02	0.01	0.17	0.01	0.01	0.01	0.04	0.24	0.40	0.08	0.02	0.01	0.00	0.01	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
BaO	0.00	0.00	0.07	0.00	0.00	0.06	0.02	0.01	0.03	0.02	0.00	0.09	0.00	0.04	0.05	0.00	0.02	0.04	0.00	0.06
TiO ₂	0.00	0.00	0.02	0.00	0.03	0.03	0.05	0.02	0.04	0.03	0.00	0.00	0.01	0.03	0.05	0.01	0.02	0.03	0.01	0.01
F	0.06	0.05	0.22	0.00	0.00	0.14	0.07	0.03	0.02	0.13	0.00	0.11	0.24	0.14	0.16	0.15	0.05	0.34	0.15	0.17
Total	89.06	89.78	89.09	89.01	89.65	89.25	88.69	89.53	89.53	88.70	89.04	89.80	88.93	89.61	88.82	88.97	88.93	89.18	89.42	89.07
a.p.f.u. (cálculo com base em 14 oxigénios)																				
Si	2.805	2.824	2.847	2.761	2.761	2.785	2.798	2.812	2.881	2.821	2.806	2.808	2.823	2.786	2.806	2.894	2.894	2.910	2.891	2.888
Fe	2.596	2.635	2.555	2.807	2.729	2.722	2.738	2.613	2.552	2.564	2.651	2.664	2.564	2.763	2.596	1.786	1.726	1.763	1.760	1.786
Al	2.462	2.537	2.468	2.561	2.553	2.510	2.550	2.500	2.433	2.497	2.492	2.478	2.469	2.544	2.491	2.345	2.322	2.357	2.379	2.356
Mg	2.003	1.812	1.958	1.734	1.820	1.850	1.738	1.918	1.902	1.949	1.904	1.911	2.002	1.759	1.972	2.822	2.922	2.801	2.809	2.818
Mn	0.064	0.066	0.060	0.069	0.069	0.073	0.068	0.058	0.064	0.061	0.066	0.066	0.068	0.068	0.062	0.071	0.062	0.063	0.065	0.068
Zn	0.015	0.012	0.000	0.012	0.011	0.000	0.004	0.001	0.015	0.010	0.008	0.002	0.003	0.002	0.002	0.006	0.004	0.003	0.005	0.009
Cr	0.004	0.005	0.005	0.005	0.004	0.004	0.006	0.005	0.008	0.004	0.006	0.006	0.004	0.004	0.003	0.002	0.003	0.002	0.002	0.002
Ni	0.005	0.000	0.000	0.000	0.003	0.000	0.003	0.003	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000
Ca	0.000	0.006	0.001	0.000	0.001	0.002	0.002	0.000	0.002	0.003	0.002	0.000	0.000	0.002	0.002	0.002	0.001	0.002	0.000	0.000
Na	0.000	0.001	0.000	0.000	0.001	0.001	0.001	0.000	0.001	0.002	0.000	0.002	0.001	0.001	0.003	0.000	0.000	0.001	0.001	0.002
K	0.001	0.001	0.011	0.001	0.001	0.001	0.002	0.016	0.027	0.006	0.002	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Ba	0.000	0.000	0.003	0.000	0.000	0.002	0.001	0.000	0.001	0.001	0.000	0.004	0.000	0.001	0.002	0.000	0.001	0.002	0.000	0.002
Ti	0.000	0.000	0.001	0.000	0.003	0.002	0.004	0.002	0.003	0.003	0.000	0.000	0.000	0.003	0.004	0.001	0.002	0.002	0.001	0.001
F	0.021	0.015	0.074	0.000	0.000	0.046	0.024	0.010	0.008	0.044	0.000	0.037	0.082	0.049	0.053	0.048	0.016	0.108	0.047	0.053
Total vi	5.954	5.891	5.895	5.948	5.952	5.946	5.909	5.912	5.857	5.910	5.933	5.935	5.934	5.930	5.935	5.927	5.936	5.902	5.914	5.926
Total iv	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000
Total (OH, F)	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000

ANEXO 2

2.3.16. Turmalina

Amostra	S11.22.00.L1_4		S11.70.40_5			S1.76.75.L1_1								S1.76.75.L1_2						S1.76.95.L2_4					
wt %	1	4	1	3	4	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	9	10	1	3	4
SiO2	36.61	36.27	36.85	37.14	36.76	36.81	36.87	36.91	37.07	36.63	37.30	36.70	36.95	37.01	36.67	37.23	36.92	37.62	36.97	36.92	37.25	36.62	37.10	37.54	37.01
Al2O3	29.51	29.17	30.32	31.67	30.62	32.45	31.02	31.91	31.88	31.22	31.99	30.22	30.68	30.17	30.21	30.66	30.77	31.48	31.71	30.88	31.37	29.87	31.04	31.86	31.41
Fe2O3	7.16	7.69	5.75	5.07	4.02	3.70	6.68	4.88	5.27	5.37	8.01	6.33	7.48	7.15	6.55	5.96	7.17	5.73	5.47	6.41	9.08	7.39	7.10	6.29	5.68
FeO	3.08	3.13	1.05	1.59	2.86	4.17	3.06	3.48	2.97	4.62	1.32	2.90	0.88	1.11	2.99	0.06	2.65	0.00	2.84	3.23	0.00	2.38	1.69	0.00	2.66
MgO	5.70	5.07	7.14	6.32	7.08	5.29	4.98	5.26	5.40	4.59	4.58	5.65	5.81	6.59	5.48	7.63	5.08	7.46	5.38	5.25	4.86	5.53	5.65	6.88	5.69
B2O3	10.66	10.57	10.73	10.77	10.70	10.67	10.70	10.71	10.76	10.63	10.82	10.67	10.74	10.76	10.66	10.86	10.72	10.86	10.73	10.73	10.79	10.65	10.77	10.89	10.75
MnO	0.01	0.08	0.03	0.02	0.04	0.10	0.08	0.07	0.04	0.08	0.05	0.10	0.04	0.01	0.08	0.05	0.03	0.00	0.07	0.07	0.00	0.03	0.07	0.03	0.05
K2O	0.05	0.04	0.04	0.01	0.02	0.02	0.03	0.02	0.01	0.06	0.02	0.03	0.03	0.04	0.06	0.03	0.05	0.03	0.04	0.04	0.02	0.06	0.02	0.02	0.04
Na2O	2.30	2.31	2.00	2.05	2.10	1.95	2.30	2.12	2.07	2.26	1.74	2.20	2.20	2.02	2.41	1.63	2.27	1.65	2.10	2.21	1.74	2.43	2.10	2.06	2.17
CaO	0.47	0.41	0.88	0.74	0.94	0.28	0.17	0.32	0.38	0.21	0.17	0.67	0.39	0.73	0.33	1.19	0.19	0.75	0.31	0.29	0.17	0.28	0.39	0.42	0.38
Cr2O3	0.11	0.10	0.18	0.15	0.18	0.06	0.07	0.04	0.08	0.07	0.08	0.07	0.05	0.08	0.08	0.13	0.11	0.09	0.06	0.08	0.08	0.10	0.02	0.09	0.05
TiO2	0.76	0.82	0.76	0.21	0.68	0.15	0.22	0.21	0.24	0.26	0.18	0.49	0.51	0.51	0.52	0.97	0.35	0.26	0.32	0.43	0.27	0.50	0.34	0.28	0.34
Mn2O3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
ZnO	0.09	0.15	0.10	0.10	0.04	0.07	0.01	0.06	0.11	0.09	0.07	0.07	0.04	0.14	0.11	0.06	0.11	0.05	0.10	0.14	0.09	0.04	0.05	0.05	0.06
Li2O	0.80	0.87	0.79	0.88	0.65	0.64	0.88	0.77	0.81	0.77	1.01	0.86	0.99	0.86	0.84	0.80	0.90	0.78	0.81	0.81	1.10	0.90	0.91	0.88	0.81
F	0.52	0.71	0.25	0.20	0.26	0.34	0.47	0.30	0.24	0.60	0.15	0.50	0.47	0.71	0.44	0.14	0.47	0.03	0.38	0.41	0.20	0.55	0.37	0.09	0.53
Total	97.81	97.37	96.86	96.92	96.95	96.70	97.52	97.08	97.34	97.46	97.47	97.44	97.24	97.86	97.45	97.41	97.79	96.89	97.30	97.89	97.01	97.33	97.61	97.38	97.61
a.p.f.u. (cálculo com base em 12 cátions Z+T)																									
Total B	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000
Si4+	5.969	5.966	5.969	5.992	5.973	5.994	5.991	5.991	5.990	5.990	5.993	5.980	5.979	5.980	5.979	5.961	5.986	6.019	5.987	5.983	6.000	5.979	5.986	5.989	5.986
Al3+	0.031	0.034	0.031	0.009	0.028	0.006	0.009	0.009	0.010	0.011	0.007	0.020	0.021	0.021	0.021	0.039	0.014	0.000	0.013	0.017	0.001	0.021	0.014	0.011	0.014
Total T	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.019	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000
Ti4+	0.093	0.102	0.093	0.025	0.083	0.019	0.027	0.026	0.029	0.032	0.021	0.060	0.062	0.062	0.064	0.117	0.042	0.031	0.040	0.052	0.033	0.062	0.041	0.034	0.042
Fe3+	0.253	0.264	0.126	0.000	0.059	0.000	0.033	0.000	0.000	0.000	0.000	0.148	0.102	0.204	0.142	0.120	0.080	0.020	0.000	0.059	0.003	0.199	0.068	0.000	0.000
Cr3+	0.014	0.012	0.023	0.020	0.023	0.008	0.009	0.006	0.010	0.009	0.010	0.008	0.006	0.010	0.010	0.017	0.014	0.012	0.008	0.010	0.010	0.013	0.002	0.012	0.007
Al3+	5.641	5.622	5.758	5.955	5.836	5.974	5.932	5.968	5.961	5.960	5.969	5.784	5.830	5.724	5.784	5.746	5.865	5.937	5.953	5.879	5.954	5.727	5.888	5.955	5.952
Total Z	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000
Fe3+	0.625	0.688	0.574	0.615	0.433	0.454	0.784	0.596	0.641	0.660	0.969	0.628	0.809	0.666	0.662	0.598	0.795	0.670	0.667	0.723	1.097	0.710	0.794	0.755	0.691
Mn3+	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.012	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000
Al3+	0.000	0.000	0.000	0.058	0.000	0.248	0.000	0.127	0.102	0.047	0.081	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.086	0.000	0.000	0.000	0.000	0.024	0.021
Zn2+	0.011	0.018	0.012	0.012	0.004	0.008	0.002	0.008	0.013	0.011	0.008	0.008	0.004	0.016	0.014	0.007	0.013	0.006	0.012	0.017	0.010	0.005	0.006	0.006	0.007
Fe2+	0.419	0.430	0.143	0.214	0.388	0.568	0.416	0.472	0.402	0.632	0.177	0.396	0.119	0.150	0.408	0.008	0.360	0.000	0.385	0.438	0.000	0.325	0.228	0.000	0.360
Mn2+	0.002	0.011	0.003	0.002	0.005	0.013	0.010	0.010	0.005	0.011	0.006	0.014	0.006	0.001	0.010	0.007	0.005	0.000	0.010	0.009	0.000	0.004	0.009	0.004	0.006
Mg2+	1.386	1.243	1.723	1.519	1.714	1.285	1.207	1.273	1.301	1.119	1.097	1.373	1.401	1.587	1.332	1.822	1.229	1.778	1.298	1.269	1.167	1.347	1.360	1.636	1.372
Li+	0.526	0.575	0.514	0.571	0.428	0.418	0.573	0.505	0.527	0.509	0.655	0.561	0.641	0.560	0.553	0.518	0.585	0.499	0.530	0.527	0.714	0.589	0.589	0.563	0.530
Total Y	2.969	2.966	2.969	2.992	2.973	2.994	2.991	2.991	2.990	2.990	2.993	2.980	2.979	2.980	2.979	2.961	2.986	2.966	2.987	2.983	2.989	2.979	2.986	2.989	2.986
Ca2+	0.082	0.072	0.152	0.128	0.164	0.049	0.029	0.055	0.067	0.036	0.029	0.116	0.068	0.126	0.058	0.205	0.033	0.129	0.054	0.051	0.030	0.049	0.067	0.072	0.065
K+	0.010	0.007	0.007	0.003	0.005	0.005	0.007	0.004	0.002	0.012	0.004	0.006	0.007	0.008	0.013	0.006	0.011	0.007	0.008	0.008	0.004	0.013	0.004	0.004	0.008
Na+	0.727	0.736	0.628	0.641	0.663	0.615	0.724	0.667	0.649	0.717	0.543	0.694	0.690	0.634	0.762	0.505	0.713	0.513	0.660	0.695	0.543	0.768	0.658	0.637	0.679
Vazios	0.181	0.185	0.213	0.229	0.169	0.332	0.240	0.274	0.282	0.235	0.424	0.183	0.235	0.232	0.167	0.285	0.243	0.352	0.278	0.247	0.423	0.170	0.271	0.288	0.247
Total X	0.819	0.815	0.787	0.771	0.831	0.668	0.760	0.726	0.718	0.765	0.576	0.817	0.765	0.768	0.833	0.715	0.757	0.648	0.723	0.753	0.577	0.830	0.729	0.712	0.753
OH-	3.733	3.630	3.871	3.901	3.865	3.827	3.759	3.848	3.875	3.689	3.925	3.743	3.759	3.640	3.773	3.927	3.759	3.984	3.806	3.792	3.898	3.717	3.810	3.954	3.731
F-	0.267	0.370	0.129	0.100	0.135	0.173	0.242	0.152	0.125	0.311	0.075	0.257	0.241	0.360	0.227	0.073	0.2>								

ANEXO 2

Amostra	S1.76.95.L2_5								S1.81.60_1						S1.81.60_2				S1.82.39.L1_3				S1.82.39.L1_5			
wt %	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	6	1	2	3	4	1	3	1	2	3	4	6	2	
SiO2	37.17	36.58	37.25	36.83	37.02	36.78	37.41	36.72	37.39	36.94	37.38	36.98	37.03	37.19	37.45	37.13	37.30	36.90	36.91	37.28	37.39	36.92	37.05	37.13	36.74	
Al2O3	31.84	30.24	29.67	32.05	30.98	29.81	31.14	30.56	31.45	30.86	31.13	31.96	31.86	31.61	33.03	31.90	32.16	30.13	29.69	31.44	31.98	30.46	30.68	30.95	31.43	
Fe2O3	6.70	6.19	9.05	3.30	6.57	8.48	5.88	6.94	6.64	6.22	8.09	3.42	3.06	6.34	4.84	5.12	5.50	6.58	7.53	5.99	5.46	5.84	5.76	6.41	4.87	
FeO	1.00	3.33	0.00	2.47	2.28	1.89	0.00	2.35	0.67	1.53	0.63	3.65	4.04	1.50	1.74	2.32	1.49	0.56	0.00	0.79	0.57	0.94	0.65	2.25	2.04	
MgO	6.28	5.80	6.55	6.98	5.75	5.83	7.40	5.64	6.38	6.22	5.80	6.27	6.47	5.99	5.75	5.94	5.98	7.14	7.10	6.85	6.84	7.21	7.11	5.68	6.40	
B2O3	10.81	10.65	10.80	10.70	10.76	10.68	10.80	10.68	10.86	10.75	10.85	10.74	10.76	10.79	10.86	10.78	10.83	10.75	10.74	10.82	10.86	10.76	10.78	10.79	10.68	
MnO	0.02	0.07	0.00	0.03	0.06	0.03	0.00	0.03	0.01	0.06	0.07	0.06	0.03	0.02	0.03	0.05	0.05	0.02	0.00	0.10	0.02	0.04	0.04	0.05	0.02	
K2O	0.01	0.05	0.02	0.02	0.04	0.01	0.02	0.03	0.02	0.03	0.03	0.03	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	0.03	0.01	0.05	0.02	0.03	0.04	0.05	0.07	
Na2O	1.45	1.94	2.06	1.66	1.96	2.22	2.15	1.87	2.12	1.96	2.05	2.04	2.09	1.98	1.83	1.95	1.93	2.02	2.06	1.78	1.75	1.87	1.78	2.35	1.94	
CaO	0.18	0.48	0.17	0.65	0.44	0.06	0.33	0.36	0.50	0.68	0.26	0.62	0.71	0.37	0.40	0.54	0.50	0.82	0.86	0.59	0.65	0.95	1.07	0.44	0.49	
Cr2O3	0.10	0.08	0.29	0.17	0.11	0.07	0.05	0.13	0.04	0.04	0.05	0.09	0.07	0.06	0.05	0.06	0.06	0.10	0.12	0.17	0.23	0.03	0.30	0.08	0.06	
TiO2	0.61	0.69	0.66	0.46	0.47	0.30	0.33	0.60	0.40	0.66	0.29	0.35	0.43	0.20	0.18	0.34	0.30	0.78	0.64	0.35	0.37	0.83	0.61	0.42	0.46	
Mn2O3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
ZnO	0.09	0.07	0.03	0.06	0.05	0.05	0.03	0.08	0.02	0.07	0.10	0.00	0.07	0.08	0.12	0.02	0.07	0.03	0.06	0.09	0.04	0.09	0.06	0.12	0.06	
Li2O	0.65	0.67	0.87	0.53	0.81	0.79	0.78	0.76	0.93	0.85	0.95	0.64	0.59	0.84	0.83	0.80	0.86	0.84	0.92	0.76	0.81	0.77	0.85	0.92	0.72	
F	0.30	0.72	0.13	0.43	0.51	0.12	0.15	0.54	0.06	0.13	0.03	0.12	0.17	0.10	0.04	0.19	0.13	0.28	0.15	0.08	0.27	0.34	0.37	0.56	0.19	
Total	97.19	97.56	97.54	96.33	97.81	97.10	96.50	97.29	97.47	97.00	97.71	96.97	97.38	97.09	97.16	97.14	97.17	96.97	96.83	97.15	97.26	97.09	97.12	98.19	96.17	
a.p.f.u. (cálculo com base em 12 cátions Z+T)																										
Total B	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	
Si4+	5.976	5.972	5.996	5.981	5.981	5.988	6.022	5.976	5.984	5.973	5.988	5.986	5.983	5.992	5.993	5.986	5.988	5.969	5.974	5.986	5.985	5.967	5.976	5.983	5.981	
Al3+	0.024	0.028	0.004	0.019	0.019	0.012	0.000	0.024	0.016	0.027	0.012	0.014	0.018	0.008	0.007	0.014	0.012	0.032	0.026	0.014	0.015	0.033	0.025	0.017	0.019	
Total T	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.022	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	
Ti4+	0.073	0.085	0.080	0.056	0.057	0.037	0.040	0.073	0.048	0.080	0.035	0.043	0.052	0.025	0.022	0.041	0.036	0.094	0.078	0.042	0.045	0.100	0.074	0.051	0.057	
Fe3+	0.000	0.113	0.261	0.000	0.049	0.247	0.045	0.074	0.031	0.061	0.092	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.181	0.268	0.001	0.000	0.127	0.082	0.078	0.000	
Cr3+	0.013	0.011	0.037	0.021	0.014	0.009	0.007	0.017	0.005	0.005	0.007	0.012	0.008	0.008	0.006	0.008	0.008	0.013	0.015	0.021	0.029	0.004	0.038	0.010	0.008	
Al3+	5.914	5.791	5.623	5.923	5.879	5.708	5.909	5.836	5.916	5.855	5.866	5.945	5.939	5.968	5.973	5.951	5.956	5.712	5.639	5.937	5.926	5.768	5.807	5.861	5.935	
Total Z	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	
Fe3+	0.811	0.648	0.835	0.403	0.750	0.792	0.668	0.776	0.769	0.697	0.883	0.417	0.372	0.769	0.583	0.621	0.665	0.620	0.650	0.723	0.658	0.583	0.617	0.699	0.596	
Mn3+	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.005	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.004	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
Al3+	0.094	0.000	0.000	0.193	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.139	0.110	0.027	0.250	0.098	0.118	0.000	0.000	0.000	0.092	0.000	0.000	0.000	0.075	
Zn2+	0.011	0.008	0.004	0.007	0.006	0.005	0.003	0.010	0.002	0.008	0.012	0.000	0.008	0.009	0.014	0.002	0.008	0.003	0.007	0.011	0.004	0.011	0.007	0.015	0.007	
Fe2+	0.134	0.455	0.000	0.336	0.308	0.257	0.000	0.319	0.090	0.207	0.084	0.494	0.546	0.202	0.233	0.313	0.200	0.075	0.000	0.106	0.076	0.128	0.087	0.303	0.277	
Mn2+	0.003	0.010	0.000	0.004	0.008	0.004	0.000	0.004	0.001	0.009	0.009	0.008	0.005	0.003	0.004	0.006	0.007	0.003	0.000	0.014	0.003	0.005	0.005	0.007	0.003	
Mg2+	1.504	1.412	1.572	1.689	1.386	1.415	1.777	1.368	1.522	1.499	1.386	1.513	1.558	1.438	1.372	1.428	1.432	1.722	1.713	1.639	1.633	1.738	1.709	1.364	1.553	
Li+	0.419	0.439	0.562	0.349	0.523	0.515	0.507	0.499	0.601	0.554	0.614	0.416	0.385	0.544	0.537	0.518	0.558	0.545	0.600	0.493	0.520	0.504	0.550	0.595	0.469	
Total Y	2.976	2.972	2.973	2.981	2.981	2.988	2.960	2.976	2.984	2.973	2.988	2.986	2.983	2.992	2.993	2.986	2.988	2.969	2.974	2.986	2.985	2.967	2.976	2.983	2.981	
Ca2+	0.030	0.084	0.029	0.112	0.077	0.011	0.056	0.064	0.085	0.118	0.044	0.107	0.123	0.064	0.068	0.094	0.086	0.142	0.149	0.102	0.112	0.165	0.185	0.076	0.086	
K+	0.002	0.009	0.005	0.004	0.008	0.002	0.004	0.006	0.005	0.006	0.006	0.005	0.001	0.004	0.001	0.002	0.002	0.005	0.003	0.010	0.004	0.006	0.007	0.010	0.015	
Na+	0.452	0.613	0.643	0.523	0.613	0.699	0.671	0.590	0.658	0.615	0.638	0.641	0.656	0.617	0.567	0.610	0.601	0.634	0.645	0.555	0.543	0.584	0.557	0.735	0.611	
Vazios	0.516	0.293	0.324	0.360	0.303	0.288	0.270	0.341	0.253	0.261	0.313	0.247	0.220	0.315	0.364	0.294	0.311	0.218	0.203	0.332	0.341	0.244	0.251	0.179	0.288	
Total X	0.484	0.707	0.676	0.640	0.697	0.712	0.730	0.659	0.747	0.739	0.687	0.754	0.780	0.685	0.636	0.706	0.689	0.782	0.797	0.668	0.659	0.756	0.749	0.821	0.712	
OH-	3.847	3.630	3.934	3.781	3.739	3.941	3.924	3.722	3.970	3.936	3.984	3.940	3.915	3.948	3.980	3.905	3.937	3.857	3.923	3.957	3.864	3.824	3.812	3.716	3.903	
F-	0.153	0.370	0.066	0.219	0.261	0.059	0.076	0.278	0.030	0.064	0.016	0.060	0.085	0.053	0.020	0.095	0.064	0.143	0.077	0.043	0.136	0.176	0.188	0.284	0.097	
Total W	4.000																									

ANEXO 2

Amostra	S1.76.75.L1_3					S1.76.95.L2_1					S1.76.95.L2_2					S1.76.95.L2_3										
wt %	1	2	3	4	6	1	2	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	3	4	5	1	
SiO2	37.39	36.68	37.17	37.65	36.71	37.74	36.52	37.62	36.90	37.46	36.91	36.92	37.14	36.74	37.09	36.88	37.44	36.73	36.90	36.57	36.43	36.38	36.62	36.26	37.48	
Al2O3	31.27	30.53	31.22	30.27	30.32	33.61	31.39	32.07	30.69	32.10	30.18	31.42	32.41	31.93	30.62	30.96	32.45	31.00	31.17	30.61	31.50	30.98	29.85	29.55	31.48	
Fe2O3	8.30	6.78	7.75	9.57	6.60	4.70	3.66	5.90	6.83	5.93	7.27	6.14	2.52	3.75	4.65	4.63	4.90	3.79	4.19	4.77	2.84	3.54	6.42	4.97	7.72	
FeO	0.23	2.75	1.27	0.00	2.77	0.80	5.35	0.00	2.69	0.24	2.69	3.74	3.33	4.80	2.01	3.76	1.01	5.35	1.81	3.92	5.84	4.92	3.01	4.04	0.00	
MgO	5.59	5.25	5.27	5.10	5.48	6.56	5.31	6.91	5.35	6.76	5.69	4.98	6.99	5.35	7.60	6.01	6.97	5.81	7.55	5.79	5.54	5.80	5.94	6.34	5.92	
B2O3	10.85	10.66	10.79	10.84	10.67	10.95	10.61	10.87	10.72	10.87	10.72	10.72	10.77	10.66	10.81	10.71	10.87	10.68	10.73	10.63	10.57	10.57	10.65	10.56	10.87	
MnO	0.04	0.05	0.01	0.00	0.07	0.05	0.08	0.00	0.04	0.01	0.08	0.04	0.02	0.04	0.07	0.05	0.07	0.09	0.05	0.10	0.04	0.12	0.10	0.05	0.00	
K2O	0.18	0.02	0.02	0.64	0.05	0.01	0.03	0.01	0.03	0.03	0.05	0.01	0.01	0.01	0.02	0.04	0.02	0.02	0.02	0.05	0.04	0.03	0.14	0.06	0.09	
Na2O	2.00	2.29	2.02	2.00	2.39	1.43	2.31	1.66	2.30	1.98	2.41	2.04	2.14	2.02	2.01	2.23	1.72	2.47	1.64	2.38	2.20	2.28	2.40	2.51	1.91	
CaO	0.26	0.24	0.30	0.15	0.36	0.31	0.23	0.44	0.30	0.36	0.22	0.13	0.49	0.32	0.97	0.72	0.46	0.28	0.96	0.49	0.35	0.48	0.36	0.52	0.39	
Cr2O3	0.05	0.09	0.06	0.05	0.07	0.18	0.08	0.11	0.06	0.07	0.04	0.04	0.10	0.09	0.09	0.01	0.09	0.12	0.13	0.09	0.11	0.05	0.10	0.08	0.06	
TiO2	0.29	0.52	0.31	0.33	0.54	0.19	0.42	0.26	0.38	0.28	0.42	0.30	0.24	0.27	0.84	0.43	0.29	0.50	0.52	0.56	0.26	0.37	0.64	0.79	0.39	
Mn2O3	0.00	0.00	0.00	0.05	0.00	0.00	0.00	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	
ZnO	0.07	0.10	0.09	0.06	0.08	0.03	0.08	0.06	0.10	0.12	0.04	0.10	0.17	0.16	0.05	0.11	0.01	0.10	0.07	0.03	0.08	0.01	0.06	0.05	0.01	
Li2O	1.05	0.86	0.98	1.23	0.87	0.68	0.57	0.79	0.88	0.83	0.82	0.73	0.52	0.58	0.64	0.73	0.68	0.53	0.57	0.72	0.49	0.58	0.77	0.63	1.03	
F	0.28	0.63	0.38	0.48	0.52	0.07	0.56	0.05	0.51	0.24	0.52	0.35	0.09	0.22	0.39	0.46	0.00	0.46	0.21	0.60	0.50	0.55	0.60	0.81	0.08	
Total	97.86	97.42	97.63	98.42	97.49	97.30	97.21	96.85	97.76	97.28	98.06	97.65	96.93	96.95	97.84	97.73	96.98	97.91	96.49	97.30	96.78	96.67	97.65	97.23	97.47	
a.p.f.u. (cálculo com base em 12 cátions Z+T)																										
Total B	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	
Si4+	5.989	5.979	5.987	6.035	5.978	5.992	5.983	6.015	5.985	5.989	5.983	5.988	5.990	5.989	5.966	5.982	5.989	5.980	5.979	5.977	5.989	5.985	5.974	5.967	5.992	
Al3+	0.011	0.021	0.013	0.000	0.022	0.008	0.017	0.000	0.015	0.011	0.017	0.012	0.010	0.011	0.034	0.018	0.012	0.020	0.021	0.023	0.011	0.015	0.026	0.033	0.009	
Total T	6.000	6.000	6.000	6.035	6.000	6.000	6.000	6.015	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	
Ti4+	0.034	0.063	0.038	0.039	0.066	0.023	0.052	0.031	0.046	0.033	0.051	0.037	0.029	0.033	0.102	0.053	0.034	0.061	0.063	0.068	0.032	0.046	0.079	0.098	0.046	
Fe3+	0.069	0.082	0.039	0.237	0.128	0.000	0.000	0.000	0.096	0.000	0.194	0.000	0.000	0.000	0.116	0.045	0.000	0.000	0.000	0.047	0.000	0.000	0.195	0.193	0.024	
Cr3+	0.007	0.011	0.008	0.006	0.009	0.022	0.010	0.014	0.007	0.008	0.005	0.005	0.013	0.012	0.011	0.001	0.011	0.016	0.017	0.011	0.014	0.007	0.013	0.010	0.008	
Al3+	5.890	5.844	5.916	5.718	5.797	5.955	5.937	5.954	5.851	5.959	5.750	5.959	5.959	5.955	5.772	5.901	5.955	5.923	5.920	5.873	5.954	5.947	5.713	5.699	5.922	
Total Z	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	
Fe3+	0.932	0.750	0.901	0.918	0.681	0.561	0.451	0.710	0.738	0.714	0.693	0.750	0.305	0.460	0.447	0.521	0.590	0.464	0.511	0.539	0.351	0.439	0.593	0.422	0.905	
Mn3+	0.000	0.000	0.000	0.006	0.000	0.000	0.000	0.010	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.006	
Al3+	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.327	0.104	0.088	0.000	0.079	0.000	0.035	0.194	0.169	0.000	0.000	0.151	0.004	0.011	0.000	0.139	0.043	0.000	0.000	0.000	
Zn2+	0.009	0.012	0.010	0.007	0.009	0.004	0.010	0.007	0.012	0.014	0.004	0.012	0.020	0.020	0.006	0.013	0.001	0.012	0.008	0.004	0.010	0.002	0.008	0.006	0.002	
Fe2+	0.031	0.375	0.171	0.000	0.377	0.107	0.734	0.000	0.365	0.032	0.364	0.507	0.450	0.654	0.270	0.510	0.136	0.729	0.246	0.535	0.803	0.677	0.410	0.557	0.000	
Mn2+	0.006	0.007	0.002	0.000	0.010	0.007	0.011	0.000	0.005	0.001	0.011	0.006	0.003	0.005	0.010	0.007	0.010	0.012	0.007	0.013	0.006	0.017	0.013	0.007	0.000	
Mg2+	1.334	1.275	1.266	1.218	1.330	1.553	1.296	1.648	1.293	1.612	1.374	1.203	1.681	1.299	1.822	1.452	1.663	1.411	1.823	1.411	1.357	1.423	1.445	1.556	1.411	
Li+	0.678	0.561	0.638	0.795	0.570	0.434	0.377	0.509	0.572	0.537	0.536	0.474	0.337	0.382	0.412	0.479	0.438	0.348	0.374	0.474	0.323	0.385	0.505	0.419	0.661	
Total Y	2.989	2.979	2.987	2.944	2.978	2.992	2.983	2.972	2.985	2.989	2.983	2.988	2.990	2.989	2.966	2.982	2.989	2.980	2.979	2.977	2.989	2.985	2.974	2.967	2.985	
Ca2+	0.045	0.042	0.051	0.025	0.062	0.052	0.041	0.075	0.051	0.062	0.039	0.022	0.084	0.056	0.167	0.124	0.079	0.048	0.167	0.085	0.062	0.084	0.063	0.092	0.067	
K+	0.038	0.004	0.003	0.130	0.010	0.002	0.007	0.003	0.007	0.007	0.010	0.002	0.001	0.002	0.003	0.009	0.004	0.004	0.004	0.009	0.009	0.006	0.028	0.012	0.019	
Na+	0.620	0.724	0.632	0.623	0.754	0.439	0.734	0.515	0.724	0.613	0.756	0.643	0.668	0.638	0.628	0.701	0.534	0.779	0.515	0.755	0.700	0.728	0.760	0.801	0.591	
Vazios	0.298	0.231	0.314	0.222	0.174	0.507	0.219	0.407	0.218	0.318	0.195	0.333	0.247	0.304	0.202	0.166	0.382	0.168	0.314	0.150	0.229	0.182	0.150	0.095	0.323	
Total X	0.702	0.769	0.686	0.778	0.827	0.493	0.781	0.593	0.782	0.682	0.805	0.667	0.753	0.696	0.798	0.834	0.618	0.832	0.686	0.850	0.771	0.819	0.850	0.905	0.677	
OH-	3.857	3.677	3.807	3.757	3.734	3.967	3.712	3.973	3.741	3.877	3.732	3.821	3.954	3.888	3.801	3.766	4.000	3.765	3.895	3.691	3.740	3.716	3.690	3.581	3.961	
F-	0.143	0.323	0.193	0.243	0.266	0.033	0.288	0.027	0.259	0.123	0.268	0.180	0.046	0.112	0.199	0.234	0.000	0.235	0.105	0.309	0.260	0.284	0.310	0.420	0.039	
Total W	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	

ANEXO 2

2.3.17. Granada

stra	S8.34.80_1					S8.34.80_2					S8.34.80_3					S8.34.80_5					S8.35.75_2				
wt %	1	2	3	4	6	4	5	6	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	4	1	2	4	5	1
SiO ₂	36.92	37.27	37.21	37.05	37.20	36.78	36.80	36.88	37.03	36.97	36.79	37.06	36.82	36.90	37.24	37.07	36.91	36.76	36.97	36.71	37.30	37.55	36.95	37.28	37.26
TiO ₂	0.15	0.18	0.17	0.12	0.17	0.14	0.17	0.20	0.23	0.14	0.19	0.19	0.15	0.14	0.14	0.13	0.13	0.13	0.12	0.14	0.19	0.16	0.17	0.15	0.17
Al ₂ O ₃	21.22	21.10	21.12	21.29	21.01	20.83	20.69	20.84	20.80	20.98	21.11	20.97	20.90	21.37	21.30	21.18	21.13	21.02	21.41	21.25	21.08	21.11	21.23	21.19	21.27
Cr ₂ O ₃	13.07	10.96	10.86	12.81	11.64	10.54	10.14	10.25	10.38	10.91	11.03	10.72	10.85	14.50	12.50	10.91	12.15	11.27	12.65	10.27	10.84	10.31	12.09	10.40	12.58
Fe ₂ O ₃	0.50	0.61	0.80	0.21	0.79	0.98	0.26	0.56	1.02	0.86	0.65	0.80	0.99	0.19	0.20	0.96	-0.26	0.09	0.38	-0.21	1.06	0.97	1.10	0.82	0.54
FeO	11.31	9.31	9.05	11.34	9.76	8.60	8.89	8.72	8.42	9.05	9.34	8.93	8.87	12.87	11.07	8.95	11.16	10.05	11.04	9.43	8.80	8.40	9.89	8.62	10.84
MnO	14.40	13.38	12.80	14.25	11.93	13.68	13.29	13.25	13.29	13.25	14.11	14.43	13.99	15.28	14.22	13.48	14.01	13.75	14.19	12.93	10.41	10.58	11.25	10.96	14.22
MgO	0.21	0.15	0.15	0.19	0.15	0.14	0.15	0.17	0.16	0.17	0.18	0.16	0.16	0.23	0.24	0.17	0.20	0.20	0.21	0.16	0.16	0.16	0.22	0.15	0.18
CaO	14.48	17.11	17.84	14.60	17.86	17.10	16.81	17.25	17.73	17.22	16.23	16.43	16.72	12.48	14.87	17.34	14.53	15.60	14.92	16.77	20.03	20.31	18.36	19.69	15.28
Total	100.52	100.21	100.24	100.40	100.00	99.23	98.11	98.92	99.70	99.66	99.75	100.00	99.65	100.93	100.57	100.32	99.13	98.81	100.49	98.29	100.06	100.23	100.35	99.87	101.00
a.p.f.u. (cálculo com base em 16 catiões)																									
Si	5.910	5.935	5.915	5.932	5.931	5.914	5.978	5.941	5.920	5.918	5.897	5.925	5.904	5.916	5.944	5.894	5.976	5.951	5.906	5.945	5.909	5.930	5.866	5.915	5.924
Al ^{IV}	0.090	0.065	0.085	0.068	0.069	0.086	0.022	0.059	0.080	0.082	0.103	0.075	0.096	0.084	0.056	0.106	0.024	0.049	0.094	0.055	0.091	0.070	0.134	0.085	0.076
Fe ^{3+(IV)}	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
T-Total	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000
Al ^{VI}	3.912	3.897	3.871	3.950	3.879	3.861	3.941	3.898	3.839	3.876	3.886	3.877	3.855	3.955	3.950	3.864	4.006	3.961	3.938	4.003	3.844	3.859	3.839	3.878	3.909
Ti	0.018	0.021	0.020	0.015	0.020	0.017	0.020	0.024	0.027	0.017	0.023	0.022	0.019	0.017	0.017	0.016	0.015	0.016	0.015	0.017	0.023	0.019	0.021	0.017	0.020
Cr	0.009	0.008	0.013	0.011	0.005	0.004	0.008	0.010	0.010	0.003	0.013	0.005	0.008	0.005	0.009	0.006	0.010	0.012	0.002	0.006	0.007	0.007	0.009	0.007	0.006
Fe ^{3+(VI)}	0.060	0.074	0.096	0.025	0.095	0.118	0.031	0.068	0.123	0.104	0.078	0.096	0.119	0.024	0.024	0.115	####	0.011	0.046	####	0.126	0.116	0.131	0.098	0.065
[R³⁺]^{VI}	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000
Fe ²⁺	1.514	1.240	1.203	1.519	1.302	1.157	1.208	1.175	1.126	1.211	1.252	1.195	1.190	1.726	1.477	1.191	1.511	1.361	1.476	1.278	1.166	1.109	1.313	1.144	1.441
Mn	1.952	1.805	1.724	1.933	1.611	1.863	1.828	1.808	1.800	1.796	1.916	1.954	1.899	2.076	1.923	1.815	1.921	1.886	1.920	1.774	1.397	1.415	1.513	1.473	1.914
Mg	0.049	0.035	0.035	0.045	0.036	0.034	0.037	0.041	0.038	0.041	0.044	0.037	0.038	0.055	0.057	0.040	0.047	0.047	0.050	0.037	0.038	0.038	0.051	0.036	0.043
Ca	2.484	2.920	3.038	2.504	3.051	2.947	2.926	2.976	3.037	2.953	2.788	2.815	2.873	2.143	2.543	2.954	2.521	2.705	2.554	2.911	3.400	3.437	3.123	3.347	2.602
[R²⁺]^{VIII}	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000
Termos Finais %																									
Grossulária	39.21	46.08	47.42	40.48	47.83	45.64	47.29	47.06	46.60	46.11	43.62	43.83	44.25	34.59	41.14	45.83	42.18	44.11	41.01	48.58	52.77	53.76	48.02	52.73	41.10
Espessartina	32.54	30.09	28.73	32.21	26.86	31.05	30.47	30.13	29.99	29.93	31.93	32.56	31.66	34.59	32.04	30.26	32.01	31.44	32.01	29.57	23.28	23.59	25.22	24.55	31.90
Almandina	25.24	20.66	20.05	25.31	21.70	19.28	20.14	19.58	18.77	20.18	20.87	19.91	19.83	28.77	24.62	19.85	25.19	22.69	24.59	21.29	19.43	18.49	21.89	19.06	24.01
Andradite	1.95	2.38	2.90	0.99	2.89	3.37	1.29	2.31	3.76	3.02	2.53	2.95	3.44	1.00	1.02	3.26	-0.40	0.68	1.51	-0.22	3.71	3.35	3.80	2.89	2.12

ANEXO 2

Amostra	S8.35.75_1							S8.35.75_4							S8.35.75_3										
wt %	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	2	3	4
SiO ₂	37.44	37.46	37.28	37.11	37.45	37.40	36.95	37.12	36.97	37.03	36.83	36.66	37.26	37.53	36.82	37.40	37.11	37.07	37.12	37.11	36.81	37.22	37.28	37.28	37.19
TiO ₂	0.25	0.13	0.17	0.09	0.13	0.18	0.19	0.19	0.10	0.16	0.18	0.38	0.14	0.22	0.13	0.18	0.13	0.10	0.13	0.15	0.20	0.16	0.13	0.12	0.25
Al ₂ O ₃	21.27	21.30	21.19	21.18	21.31	21.25	21.29	21.50	21.35	21.27	21.05	21.13	21.29	21.12	20.72	21.02	21.06	21.25	21.09	21.33	21.38	21.36	21.55	21.16	20.98
Cr ₂ O ₃	13.00	13.97	13.60	14.24	12.38	12.18	14.30	13.92	14.10	13.98	11.83	13.67	14.02	8.91	11.42	11.20	12.15	12.36	13.63	13.85	13.77	14.47	14.41	14.16	10.96
Fe ₂ O ₃	-0.06	-0.11	0.39	0.62	0.67	0.81	0.64	0.25	0.39	0.45	1.10	0.66	0.41	1.29	1.16	1.38	0.96	0.99	0.41	0.41	0.65	0.49	0.01	0.40	1.10
FeO	11.75	12.67	11.89	12.26	10.54	10.23	12.29	12.30	12.33	12.18	9.66	11.71	12.25	6.86	9.23	8.84	10.07	10.23	11.90	12.09	11.80	12.58	12.96	12.39	8.87
MnO	14.04	14.94	15.14	15.33	13.65	13.77	14.91	15.00	15.02	14.78	13.50	14.34	14.73	9.19	15.60	14.42	13.52	13.95	14.56	14.58	14.81	14.80	14.95	15.37	13.57
MgO	0.23	0.25	0.23	0.24	0.18	0.18	0.22	0.23	0.27	0.24	0.16	0.20	0.26	0.11	0.18	0.15	0.18	0.18	0.22	0.22	0.24	0.26	0.29	0.24	0.18
CaO	14.52	13.04	13.53	13.07	16.13	16.32	13.41	13.41	13.17	13.55	16.63	14.21	13.64	22.86	15.08	17.03	16.37	16.00	13.87	13.87	13.87	13.36	12.85	12.94	17.36
Total	100.83	101.15	101.14	101.33	101.30	101.36	101.31	101.43	101.07	101.12	100.20	100.68	101.43	100.02	100.02	101.53	100.57	100.97	100.71	101.19	101.17	101.69	101.52	101.34	100.53
a.p.f.u. (cálculo com base em 16 catiões)																									
Si	5.971	5.980	5.947	5.923	5.924	5.911	5.894	5.906	5.908	5.912	5.882	5.873	5.929	5.899	5.914	5.894	5.909	5.885	5.943	5.915	5.868	5.914	5.933	5.949	5.906
Al ^{IV}	0.029	0.020	0.053	0.077	0.076	0.089	0.106	0.094	0.092	0.088	0.118	0.127	0.071	0.101	0.086	0.106	0.091	0.115	0.057	0.085	0.132	0.086	0.067	0.051	0.094
Fe ^{3+(IV)}	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
T-Total	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000
Al ^{VI}	3.969	3.988	3.932	3.907	3.897	3.870	3.896	3.940	3.929	3.913	3.844	3.863	3.922	3.810	3.835	3.799	3.863	3.861	3.923	3.922	3.885	3.915	3.976	3.930	3.833
Ti	0.030	0.016	0.020	0.011	0.016	0.021	0.023	0.022	0.012	0.019	0.022	0.046	0.017	0.026	0.016	0.021	0.015	0.012	0.016	0.018	0.024	0.019	0.015	0.014	0.030
Cr	0.008	0.009	0.001	0.008	0.008	0.012	0.004	0.008	0.011	0.014	0.002	0.012	0.013	0.011	0.009	0.017	0.007	0.009	0.013	0.011	0.013	0.008	0.007	0.009	0.005
Fe ^{3+(VI)}	-0.01	-0.01	0.047	0.074	0.079	0.097	0.077	0.030	0.047	0.054	0.132	0.079	0.049	0.152	0.141	0.164	0.115	0.118	0.049	0.049	0.078	0.059	0.001	0.048	0.132
[R ³⁺] ^{VI}	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000
Fe ²⁺	1.567	1.692	1.586	1.636	1.395	1.352	1.640	1.637	1.648	1.626	1.290	1.569	1.630	0.902	1.239	1.165	1.341	1.359	1.593	1.612	1.574	1.671	1.724	1.653	1.178
Mn	1.896	2.020	2.046	2.072	1.828	1.843	2.015	2.022	2.033	1.999	1.826	1.946	1.985	1.224	2.122	1.925	1.824	1.876	1.975	1.968	1.999	1.992	2.016	2.078	1.826
Mg	0.055	0.059	0.055	0.057	0.043	0.041	0.053	0.055	0.063	0.057	0.038	0.047	0.061	0.025	0.043	0.035	0.042	0.043	0.053	0.051	0.058	0.062	0.069	0.056	0.042
Ca	2.482	2.230	2.313	2.235	2.734	2.763	2.292	2.287	2.256	2.318	2.846	2.438	2.325	3.850	2.595	2.876	2.793	2.722	2.379	2.368	2.369	2.275	2.191	2.213	2.954
[R ²⁺] ^{VIII}	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000
Termos Finais %																									
Grossulária	40.59	36.86	36.84	34.93	42.99	42.81	35.60	36.60	35.83	36.46	43.52	37.21	36.79	59.42	39.12	42.89	43.11	41.90	37.72	37.51	36.60	35.78	35.92	35.12	45.05
Espessartina	31.60	33.66	34.10	34.53	30.47	30.72	33.58	33.70	33.88	33.32	30.44	32.43	33.08	20.39	35.37	32.08	30.40	31.27	32.91	32.81	33.32	33.20	33.59	34.63	30.43
Almandina	26.12	28.19	26.43	27.27	23.24	22.54	27.34	27.28	27.47	27.10	21.49	26.14	27.17	15.03	20.66	19.41	22.35	22.64	26.56	26.87	26.23	27.86	28.74	27.55	19.64
Andradite	0.57	0.08	1.69	2.12	2.38	2.94	2.48	1.30	1.48	1.81	3.86	3.13	1.64	4.45	3.92	4.62	3.26	3.25	1.61	1.67	2.56	1.93	0.42	1.54	4.05

ANEXO 2

2.3.18. Apatite

Amostra	S8.68.80_1				S8.68.80_2				S8.68.80_5				S1.37.70.L1_5				S1.76.75.L1_1					S1.36.80.L2_2				S1.36.80.L2_4		
wt %	1	2	3	4	1	2	3	5	1	2	1	2	3	4	1	2	3	4	5	1	2	3	1	2	3			
CaO	55.71	55.40	55.73	55.77	55.49	55.30	56.60	56.16	56.70	56.50	55.19	54.37	55.75	55.96	55.88	55.47	56.46	55.76	55.64	55.78	55.51	55.32	55.81	55.83	56.11			
P2O5	43.23	42.93	42.97	43.25	42.91	43.03	43.21	43.29	43.59	43.35	42.75	42.91	42.96	43.30	42.91	43.01	43.20	43.31	43.29	42.24	42.07	42.59	41.78	42.42	42.49			
FeO	0.00	0.04	0.00	0.02	0.00	0.03	0.04	0.00	0.09	0.09	0.20	0.35	0.54	0.28	0.14	0.18	0.01	0.16	0.14	0.10	0.24	0.09	0.34	0.12	0.31			
SrO	0.58	1.04	0.86	0.66	1.06	1.01	0.00	0.00	0.00	0.00	1.65	2.36	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.04	0.16	1.02	0.05	0.44	0.14			
MnO	0.01	0.00	0.01	0.03	0.02	0.01	0.07	0.09	0.04	0.02	0.05	0.01	0.12	0.14	0.61	0.81	0.02	0.67	0.76	0.04	0.06	0.00	0.01	0.00	0.05			
Ce2O3	0.00	0.04	0.12	0.00	0.12	0.04	0.03	0.00	0.17	0.02	0.00	0.06	0.04	0.03	0.09	0.00	0.01	0.20	0.01	0.12	0.17	0.00	0.08	0.00	0.00			
Na2O	0.03	0.01	0.01	0.02	0.08	0.04	0.01	0.00	0.00	0.00	0.03	0.03	0.03	0.04	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.06	0.02	0.04	0.03	0.04	0.00			
Nd2O3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.08	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.04	0.00	0.03	0.02	0.10	0.03			
La2O3	0.03	0.02	0.00	0.02	0.00	0.03	0.01	0.03	0.00	0.12	0.02	0.02	0.00	0.01	0.02	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.03	0.01	0.00	0.06	0.03			
MgO	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.01	0.01	0.02	0.01	0.02	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.04	0.00	0.01			
F	2.44	2.13	2.33	2.25	2.74	2.85	3.11	3.21	3.00	3.16	2.55	3.19	2.79	1.92	3.24	3.04	3.19	3.30	3.34	3.14	3.28	2.91	2.94	2.84	3.13			
Cl	0.03	0.02	0.00	0.01	0.03	0.02	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.02	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01	0.02	0.02	0.04	0.00	0.00			
Total	101.41	100.98	101.39	101.37	101.80	101.73	102.43	102.23	102.93	102.61	101.82	102.68	101.60	101.06	102.30	101.90	102.29	102.82	102.63	100.92	100.92	101.39	100.49	101.19	101.65			
a.p.f.u. (cálculo na base de 8 catiões)																												
Ca	4.938	4.927	4.942	4.937	4.923	4.917	4.984	4.964	4.968	4.973	4.899	4.836	4.940	4.940	4.941	4.916	4.982	4.915	4.912	4.989	4.979	4.935	5.002	4.974	4.983			
P	3.027	3.017	3.011	3.025	3.009	3.023	3.006	3.023	3.018	3.015	2.998	3.015	3.008	3.021	2.998	3.012	3.012	3.016	3.020	2.985	2.982	3.002	2.958	2.986	2.982			
Fe	0.000	0.003	0.000	0.001	0.000	0.002	0.003	0.000	0.006	0.006	0.014	0.024	0.037	0.019	0.009	0.013	0.001	0.011	0.009	0.007	0.017	0.006	0.024	0.008	0.022			
Sr	0.028	0.050	0.041	0.031	0.051	0.048	0.000	0.000	0.000	0.000	0.079	0.113	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.002	0.008	0.049	0.002	0.021	0.006			
Mn	0.000	0.000	0.000	0.002	0.001	0.001	0.005	0.006	0.002	0.001	0.003	0.001	0.009	0.010	0.043	0.056	0.001	0.047	0.053	0.002	0.004	0.000	0.001	0.000	0.004			
Ce	0.000	0.001	0.004	0.000	0.004	0.001	0.001	0.000	0.005	0.001	0.000	0.002	0.001	0.001	0.003	0.000	0.000	0.006	0.000	0.004	0.005	0.000	0.003	0.000	0.000			
Na	0.005	0.001	0.001	0.002	0.012	0.006	0.002	0.000	0.000	0.000	0.005	0.005	0.004	0.006	0.005	0.003	0.003	0.003	0.002	0.009	0.004	0.006	0.004	0.006	0.000			
Nd	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.001	0.001	0.003	0.001			
La	0.001	0.001	0.000	0.001	0.000	0.001	0.000	0.001	0.000	0.004	0.001	0.001	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.002	0.001			
Mg	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.003	0.000	0.001	0.001	0.002	0.001	0.003	0.000	0.001	0.000	0.002	0.000	0.001	0.000	0.000	0.005	0.000	0.001			
F	0.637	0.559	0.610	0.587	0.718	0.748	0.808	0.837	0.775	0.820	0.667	0.837	0.729	0.501	0.847	0.796	0.831	0.859	0.870	0.830	0.868	0.766	0.777	0.747	0.821			
Cl	0.004	0.002	0.000	0.001	0.004	0.003	0.000	0.001	0.000	0.000	0.002	0.000	0.000	0.000	0.003	0.002	0.001	0.002	0.003	0.001	0.002	0.003	0.005	0.000	0.000			
OH	0.359	0.439	0.390	0.412	0.278	0.249	0.192	0.162	0.225	0.180	0.331	0.163	0.271	0.499	0.150	0.203	0.168	0.140	0.127	0.169	0.130	0.231	0.218	0.253	0.179			
Posição Ca	4.966	4.978	4.987	4.971	4.979	4.967	4.989	4.971	4.976	4.975	4.981	4.951	4.950	4.951	4.986	4.972	4.983	4.968	4.968	4.997	4.996	4.984	5.008	4.995	4.993			

ANEXO 2

Amostra	S1.76.75.L1_3				S8.68.80_4					S1.81.60_4				S1.82.39.L1_5				S1.36.80.L2_5		
wt %	1	2	3	4	1	2	3	4	5	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	4
CaO	54.90	55.12	54.79	55.34	56.59	55.41	56.59	55.81	55.80	55.55	54.55	55.20	55.29	55.88	55.58	55.72	55.76	56.53	55.98	56.24
P2O5	43.21	42.99	42.95	42.96	42.85	42.68	43.32	42.80	42.69	42.85	41.30	42.33	41.81	43.33	43.10	43.20	42.97	42.53	42.17	42.45
FeO	0.32	0.33	0.37	0.21	0.00	0.06	0.05	0.07	0.06	0.28	0.25	0.14	0.13	0.03	0.02	0.01	0.06	0.24	0.18	0.09
SrO	0.00	0.08	0.05	0.01	0.00	0.96	0.00	1.20	1.25	0.00	0.08	0.00	0.00	0.70	0.77	0.73	0.36	0.24	0.25	0.11
MnO	1.35	1.22	1.48	0.92	0.02	0.02	0.03	0.02	0.05	0.03	0.06	0.14	0.09	0.00	0.05	0.07	0.04	0.00	0.01	0.02
Ce2O3	0.02	0.02	0.00	0.06	0.00	0.13	0.00	0.00	0.00	0.13	0.35	0.27	0.13	0.00	0.13	0.03	0.12	0.13	0.00	0.02
Na2O	0.03	0.03	0.02	0.00	0.00	0.02	0.00	0.05	0.01	0.05	0.21	0.07	0.03	0.00	0.00	0.02	0.02	0.03	0.00	0.03
Nd2O3	0.00	0.06	0.01	0.03	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.07	0.09	0.14	0.03	0.00	0.03	0.00	0.00	0.07	0.05
La2O3	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.14	0.01	0.00	0.00	0.01	0.04	0.03	0.00	0.05	0.04
MgO	0.00	0.00	0.02	0.02	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.01
F	2.27	2.21	2.31	1.93	2.03	2.01	2.10	3.39	3.16	2.95	3.16	2.57	3.13	2.94	2.59	3.15	3.13	2.37	3.17	3.33
Cl	0.04	0.05	0.04	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.01	0.00	0.01
Total	101.49	101.45	101.39	100.83	100.87	100.67	101.45	102.70	102.37	101.25	99.61	100.17	100.10	102.26	101.61	102.38	101.84	101.44	101.25	101.75
a.p.f.u. (cálculo na base de 8 cátions)																				
Ca	4.857	4.876	4.855	4.907	5.003	4.936	4.981	4.937	4.943	4.946	4.957	4.955	4.990	4.938	4.932	4.932	4.952	4.994	4.996	4.997
P	3.021	3.005	3.007	3.010	2.993	3.004	3.013	2.992	2.988	3.015	2.966	3.003	2.981	3.025	3.022	3.021	3.015	2.969	2.974	2.981
Fe	0.022	0.023	0.026	0.014	0.000	0.004	0.003	0.005	0.004	0.019	0.018	0.010	0.009	0.002	0.001	0.001	0.004	0.016	0.013	0.006
Sr	0.000	0.004	0.002	0.000	0.000	0.046	0.000	0.058	0.060	0.000	0.004	0.000	0.000	0.034	0.037	0.035	0.017	0.011	0.012	0.005
Mn	0.095	0.085	0.103	0.065	0.001	0.002	0.002	0.001	0.003	0.002	0.004	0.010	0.006	0.000	0.004	0.005	0.003	0.000	0.001	0.001
Ce	0.001	0.000	0.000	0.002	0.000	0.004	0.000	0.000	0.000	0.004	0.011	0.008	0.004	0.000	0.004	0.001	0.004	0.004	0.000	0.001
Na	0.005	0.004	0.004	0.000	0.000	0.003	0.000	0.008	0.002	0.007	0.034	0.012	0.005	0.000	0.000	0.003	0.003	0.004	0.000	0.005
Nd	0.000	0.002	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.003	0.004	0.001	0.000	0.001	0.000	0.000	0.002	0.001
La	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.004	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000	0.001	0.001
Mg	0.000	0.000	0.002	0.002	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000	0.006	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000	0.001
F	0.592	0.577	0.603	0.505	0.530	0.529	0.545	0.886	0.825	0.776	0.849	0.680	0.833	0.765	0.677	0.824	0.819	0.618	0.836	0.874
Cl	0.005	0.006	0.006	0.003	0.000	0.001	0.001	0.001	0.000	0.001	0.011	0.000	0.000	0.000	0.000	0.003	0.000	0.001	0.000	0.001
OH	0.403	0.417	0.391	0.492	0.470	0.471	0.454	0.113	0.175	0.224	0.140	0.320	0.167	0.235	0.323	0.173	0.180	0.381	0.164	0.124
Posição Ca	4.952	4.966	4.961	4.973	5.004	4.988	4.983	4.996	5.006	4.953	4.976	4.973	5.000	4.972	4.976	4.973	4.975	5.009	5.009	5.005

ANEXO 2

2.3.19. Titanite

Amostra	S8.68.80.L2_5								S8.68.80.L2_3				
wt %	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5
SiO ₂	31.86	32.02	31.38	31.91	31.98	31.78	31.82	31.43	31.75	31.35	30.62	31.50	31.55
CaO	29.42	25.77	29.14	29.46	28.34	29.46	29.61	29.51	29.40	28.92	28.49	29.26	29.03
TiO ₂	26.71	26.60	31.43	24.09	28.28	27.92	25.35	26.91	26.40	27.43	27.33	26.85	26.49
Al ₂ O ₃	8.58	10.18	5.36	9.95	7.45	7.34	9.04	6.94	8.37	8.13	8.06	8.04	8.40
FeO	0.22	0.32	0.25	0.24	0.31	0.13	0.27	0.42	0.25	0.24	0.55	0.16	0.31
F	3.17	2.81	2.02	3.91	2.77	2.74	3.31	3.06	3.07	2.71	3.32	3.37	2.77
Cl	0.00	0.01	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00
MnO	0.07	0.09	0.03	0.15	0.05	0.01	0.05	0.08	0.09	0.11	0.05	0.09	0.08
Na ₂ O	0.00	0.02	0.00	0.00	0.02	0.01	0.00	0.01	0.00	0.02	0.03	0.06	0.01
Cr ₂ O ₃	0.10	0.09	0.11	0.08	0.09	0.12	0.08	0.09	0.11	0.13	0.15	0.07	0.09
MgO	0.01	0.08	0.01	0.06	0.05	0.01	0.01	0.01	0.06	0.07	0.05	0.02	0.05
ZnO	0.04	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.07	0.02	0.00	0.01
K ₂ O	0.19	0.86	0.19	0.09	0.54	0.01	0.02	0.14	0.00	0.01	0.00	0.00	0.04
H ₂ O	0.98	2.35	0.93	1.70	1.28	1.63	1.86	2.68	1.79	1.96	2.71	2.01	2.35
Total	100.36	98.83	99.92	99.95	99.89	99.53	99.54	98.61	99.51	99.18	98.69	99.41	98.82
a.p.f.u. (cálculo com base em 3 catiões)													
SiO ₂	0.919	0.949	0.948	0.900	0.943	0.936	0.917	0.927	0.922	0.924	0.896	0.912	0.929
CaO	0.909	0.818	0.943	0.890	0.895	0.929	0.914	0.932	0.915	0.913	0.893	0.908	0.916
TiO ₂	0.580	0.593	0.714	0.511	0.627	0.618	0.550	0.597	0.577	0.608	0.602	0.585	0.587
Al ₂ O ₃	0.292	0.355	0.191	0.331	0.259	0.255	0.307	0.241	0.287	0.282	0.278	0.274	0.292
FeO	0.005	0.008	0.006	0.006	0.008	0.003	0.006	0.010	0.006	0.006	0.013	0.004	0.008
F	0.289	0.263	0.193	0.349	0.258	0.255	0.301	0.285	0.282	0.252	0.308	0.308	0.258
Cl	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
MnO	0.289	0.263	0.193	0.349	0.258	0.255	0.301	0.285	0.282	0.252	0.308	0.308	0.258
Na ₂ O	0.000	0.001	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.001	0.000	0.000
Cr ₂ O ₃	0.003	0.005	0.002	0.007	0.003	0.000	0.002	0.004	0.004	0.006	0.002	0.004	0.004
MgO	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.002	0.000
ZnO	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.002	0.002	0.001	0.001
K ₂ O	0.001	0.007	0.001	0.005	0.004	0.001	0.001	0.001	0.005	0.006	0.005	0.002	0.004

2.3.20. Estanite

Amostra	S8.44.15.L2_3	
wt %	1	2
S	30.17	30.85
Cu	28.42	28.76
Sn	27.22	22.93
Fe	13.10	13.88
Zn	0.85	0.89
Te	0.51	0.45
Au	0.04	0.00
Ag	0.07	0.02
Mo	0.07	0.04
In	0.08	0.04
Ni	0.00	0.06
Se	0.00	0.04
Co	0.01	0.04
Total	100.55	98.04
a.p.f.u. (cálculo na base de 8		
	posições)	
S	4.022	4.101
Cu	1.911	1.929
Sn	0.980	0.824
Fe	1.003	1.060
Zn	0.055	0.058
Te	0.017	0.015
Au	0.001	0.000
Ag	0.003	0.001
Mo	0.003	0.002
In	0.003	0.001
Ni	0.000	0.004
Se	0.000	0.002
Co	0.001	0.003

ANEXO 2

2.4. Estatística Descritiva

Tabela 2.4- Tabelas com estatística descritiva por mineral (valores de microsonda electrónica em wt % na forma de óxidos).
Abreviaturas: Méd (média); D.P. (desvio padrão); Med. (mediana); Máx. (máximo); Min. (mínimo).

Apatite	Méd.	D. P.	Med.	Máx.	Mín.
CaO	55.64	0.70	55.74	56.70	52.60
P2O5	42.78	0.60	42.94	43.59	40.37
F	2.79	0.45	2.94	3.39	1.92
SrO	0.41	0.54	0.10	2.36	0.00
MnO	0.20	0.38	0.04	1.48	0.00
FeO	0.14	0.13	0.11	0.54	0.00
Ce2O3	0.06	0.08	0.03	0.35	0.00
Na2O	0.03	0.03	0.02	0.21	0.00
Nd2O3	0.02	0.03	0.00	0.14	0.00
La2O3	0.02	0.03	0.01	0.14	0.00
Cl	0.01	0.02	0.01	0.08	0.00
MgO	0.01	0.01	0.00	0.05	0.00

Sulf. Cd	Méd.	D. P.	Med.	Máx.	Mín.
Cd	73.95	1.73	73.54	76.40	72.34
S	22.26	0.45	22.20	22.86	21.78
Zn	4.03	1.45	3.57	6.10	2.90
Fe	0.32	0.06	0.30	0.40	0.27
W	0.09	0.08	0.08	0.19	0.00
Mn	0.05	0.05	0.05	0.12	0.00
Cu	0.05	0.07	0.03	0.15	0.00
Bi	0.02	0.04	0.00	0.08	0.00
Pb	0.03	0.06	0.00	0.12	0.00
Au	0.01	0.01	0.00	0.02	0.00
Mo	0.03	0.01	0.02	0.04	0.02
As	0.02	0.02	0.02	0.03	0.00

Electrum	Méd.	D. P.	Med.	Máx.	Mín.
Au	79.54	1.21	79.84	81.61	77.23
Ag	20.12	0.67	19.95	21.49	19.30
Fe	0.43	0.19	0.35	0.93	0.26
Bi	0.59	0.11	0.63	0.68	0.34
W	0.05	0.10	0.00	0.34	0.00
Te	0.05	0.05	0.05	0.13	0.00
S	0.05	0.06	0.01	0.18	0.00
Zn	0.04	0.04	0.05	0.10	0.00
Cu	0.00	0.01	0.00	0.03	0.00
Ga	0.01	0.02	0.00	0.06	0.00
As	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00
Sn	0.01	0.02	0.00	0.06	0.00
Ni	0.01	0.02	0.00	0.08	0.00
Se	0.01	0.02	0.00	0.06	0.00
Sb	0.01	0.02	0.00	0.08	0.00
Mn	0.02	0.03	0.00	0.10	0.00
Co	0.02	0.04	0.00	0.14	0.00

Scheelite	Méd.	D. P.	Med.	Máx.	Mín.
WO3	79.72	0.74	79.92	80.64	78.13
CaO	20.23	0.13	20.22	20.51	20.01
FeO	0.02	0.02	0.03	0.06	0.00
MnO	0.01	0.02	0.00	0.07	0.00
Nb2O5	0.12	0.06	0.12	0.21	0.03
Ta2O5	0.03	0.08	0.00	0.38	0.00
MoO3	0.03	0.03	0.03	0.10	0.00
ZrO2	0.26	0.18	0.33	0.52	0.00
SO3	0.07	0.03	0.07	0.13	0.02
Bi2O3	0.04	0.04	0.03	0.13	0.00
PbO	0.02	0.03	0.00	0.10	0.00
Ag2O	0.02	0.03	0.02	0.10	0.00
SiO2	0.02	0.01	0.03	0.04	0.00
Na2O	0.01	0.01	0.00	0.04	0.00
K2O	0.01	0.01	0.01	0.04	0.00
Cr2O3	0.01	0.02	0.00	0.06	0.00
NiO	0.02	0.02	0.00	0.08	0.00

Ilmenite	Méd.	D. P.	Med.	Máx.	Mín.
TiO2	53.66	1.39	53.39	58.35	52.56
FeO	38.11	3.74	38.79	41.94	29.65
MnO	5.12	1.36	4.64	7.02	3.09
MgO	0.01	0.01	0.01	0.03	0.00
ZnO	1.34	1.87	0.60	5.40	0.00
Nb2O5	0.29	0.07	0.28	0.42	0.18
WO3	0.23	0.33	0.12	1.19	0.00
SnO2	0.04	0.05	0.03	0.16	0.00
BaO	0.07	0.03	0.07	0.15	0.01
K2O	0.06	0.07	0.03	0.24	0.00
CaO	0.05	0.06	0.02	0.19	0.00
Al2O3	0.03	0.04	0.02	0.13	0.00
Na2O	0.05	0.05	0.03	0.16	0.00
SiO2	0.10	0.16	0.04	0.54	0.00
ZrO2	0.01	0.02	0.01	0.05	0.00
CoO	0.05	0.02	0.05	0.07	0.00

Turmalina	Méd.	D. P.	Med.	Máx.	Mín.
SiO2	36.92	0.36	36.91	37.74	36.17
Al2O3	31.28	0.98	31.22	34.11	29.17
Fe2O3	5.01	2.47	5.68	9.57	0.00
FeO	2.88	2.15	2.69	9.11	0.00
MgO	6.15	0.98	5.94	8.12	3.54
B2O3	10.73	0.09	10.73	10.95	10.55
MnO	0.05	0.03	0.05	0.12	0.00
K2O	0.04	0.07	0.02	0.64	0.00
Na2O	2.04	0.23	2.04	2.51	1.43
CaO	0.52	0.32	0.42	1.53	0.04
Cr2O3	0.09	0.05	0.08	0.30	0.01
TiO2	0.43	0.19	0.40	0.97	0.08
Mn2O3	0.00	0.02	0.00	0.10	0.00
ZnO	0.07	0.04	0.07	0.17	0.00
Li2O	0.71	0.23	0.78	1.23	0.18
F	0.35	0.21	0.37	0.81	0.00

ANEXO 2

Moscovite	Méd.	D. P.	Med.	Máx.	Mín.
SiO2	48.78	1.21	48.81	51.83	43.54
Al2O3	31.55	2.27	31.48	37.69	26.43
K2O	9.65	1.26	10.16	10.89	5.91
Fe2O3	0.88	1.44	0.20	9.32	0.00
FeO	1.89	1.50	1.90	7.41	0.00
MgO	2.03	0.69	2.01	3.33	0.04
Mn2O3	0.01	0.03	0.00	0.25	0.00
MnO	0.05	0.04	0.04	0.21	0.00
CaO	0.02	0.02	0.02	0.13	0.00
Na2O	0.25	0.18	0.26	1.33	0.02
BaO	0.10	0.07	0.09	0.32	0.00
Cs2O	0.00	0.01	0.00	0.06	0.00
SnO2	0.13	0.16	0.04	0.47	0.00
TiO2	0.20	0.15	0.21	0.81	0.00
Cr2O3	0.07	0.04	0.06	0.24	0.00
V2O3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ZnO	0.00	0.00	0.00	0.04	0.00
Li2O	0.41	0.79	0.00	3.28	0.00
Cl	0.01	0.01	0.01	0.05	0.00
F	0.53	0.43	0.38	1.73	0.00
S	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00

Biotite	Méd.	D. P.	Med.	Máx.	Mín.
SiO2	39.45	1.38	38.91	44.46	36.13
Al2O3	16.70	1.38	16.89	21.10	12.16
MgO	12.07	1.38	11.63	15.93	9.49
K2O	8.31	0.57	8.52	9.30	6.12
FeO	12.73	1.86	12.50	19.44	6.15
Fe2O3	5.58	0.86	5.55	9.80	0.00
Mn2O3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
MnO	0.33	0.14	0.28	0.95	0.07
CaO	0.03	0.02	0.02	0.16	0.00
Na2O	0.04	0.02	0.04	0.11	0.00
BaO	0.07	0.04	0.07	0.23	0.00
Cs2O	0.01	0.02	0.00	0.12	0.00
SnO2	0.01	0.01	0.00	0.05	0.00
TiO2	0.83	0.37	0.99	1.52	0.05
Cr2O3	0.09	0.03	0.08	0.27	0.02
V2O3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ZnO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Li2O	0.12	0.17	0.02	1.28	0.00
Cl	0.04	0.02	0.04	0.14	0.01
F	1.79	0.51	1.60	3.59	0.82
S	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Pirrotite	Méd.	D. P.	Med.	Máx.	Mín.
Fe	59.67	0.85	60.00	60.46	56.76
S	39.87	0.37	39.84	41.14	39.31
Cu	0.15	0.29	0.00	1.00	0.00
Ni	0.16	0.09	0.15	0.33	0.00
Pb	0.06	0.06	0.05	0.21	0.00
W	0.05	0.06	0.02	0.19	0.00
Mo	0.06	0.03	0.07	0.11	0.02
Ga	0.01	0.01	0.00	0.05	0.00
Au	0.01	0.02	0.00	0.05	0.00
Ag	0.01	0.02	0.00	0.10	0.00
Ge	0.01	0.01	0.00	0.04	0.00
Cd	0.01	0.01	0.00	0.05	0.00
In	0.01	0.02	0.00	0.06	0.00
As	0.01	0.01	0.00	0.04	0.00
Sn	0.02	0.02	0.01	0.05	0.00
Se	0.01	0.01	0.01	0.05	0.00
Zn	0.02	0.04	0.00	0.16	0.00
Sb	0.01	0.02	0.00	0.06	0.00
Mn	0.01	0.02	0.00	0.07	0.00
Co	0.03	0.02	0.04	0.07	0.00
Te	0.01	0.02	0.00	0.08	0.00

Pirite	Méd.	D. P.	Med.	Máx.	Mín.
S	52.92	0.75	53.09	54.01	50.72
Fe	46.11	0.59	46.23	47.23	44.19
As	0.21	0.68	0.01	3.27	0.00
Ni	0.10	0.16	0.06	1.00	0.00
Pb	0.09	0.11	0.05	0.48	0.00
W	0.05	0.07	0.00	0.31	0.00
Ga	0.00	0.01	0.00	0.05	0.00
Au	0.01	0.02	0.01	0.08	0.00
Ag	0.01	0.02	0.00	0.08	0.00
Ge	0.00	0.01	0.00	0.04	0.00
Cd	0.01	0.01	0.00	0.06	0.00
Mo	0.03	0.03	0.02	0.09	0.00
In	0.01	0.01	0.00	0.08	0.00
Sn	0.01	0.02	0.00	0.07	0.00
Se	0.01	0.01	0.00	0.05	0.00
Zn	0.02	0.04	0.01	0.23	0.00
Sb	0.01	0.02	0.00	0.06	0.00
Mn	0.01	0.02	0.00	0.16	0.00
Co	0.03	0.03	0.03	0.20	0.00
Te	0.01	0.01	0.00	0.06	0.00
Cu	0.00	0.01	0.00	0.11	0.00

ANEXO 2

Volfram	Méd.	D. P.	Med.	Máx.	Mín.
WO3	75.01	0.69	74.98	76.43	73.08
FeO	19.58	2.34	18.48	23.89	16.82
MnO	4.56	2.13	5.65	7.03	0.51
Nb2O5	0.22	0.05	0.21	0.33	0.13
ZrO2	0.05	0.10	0.00	0.45	0.00
Ta2O5	0.04	0.10	0.00	0.55	0.00
MgO	0.09	0.05	0.10	0.18	0.00
SnO2	0.01	0.02	0.00	0.09	0.00
P2O5	0.04	0.03	0.04	0.11	0.00
Na2O	0.01	0.01	0.01	0.04	0.00
SO3	0.06	0.03	0.06	0.13	0.00
BaO	0.05	0.04	0.05	0.12	0.00
Bi2O3	0.04	0.05	0.00	0.16	0.00
PbO	0.03	0.04	0.01	0.18	0.00
CaO	0.04	0.07	0.02	0.47	0.00
Al2O3	0.01	0.03	0.00	0.13	0.00
ZnO	0.07	0.07	0.05	0.25	0.00
SiO2	0.02	0.02	0.01	0.07	0.00
NiO	0.02	0.02	0.00	0.08	0.00
Au2O	0.01	0.01	0.00	0.06	0.00
MoO3	0.02	0.03	0.01	0.13	0.00

Cassiter	Méd.	D. P.	Med.	Máx.	Mín.
SnO2	100.03	1.16	100.26	101.78	97.44
TiO2	0.27	0.25	0.19	1.69	0.00
FeO	0.09	0.12	0.05	0.75	0.00
Ta2O5	0.07	0.08	0.02	0.28	0.00
WO3	0.07	0.10	0.00	0.44	0.00
ZnO	0.04	0.05	0.01	0.24	0.00
Nb2O5	0.02	0.04	0.00	0.16	0.00
MnO	0.02	0.04	0.01	0.30	0.00
Na2O	0.01	0.02	0.00	0.10	0.00
SO3	0.01	0.01	0.00	0.08	0.00
Bi2O3	0.03	0.04	0.00	0.19	0.00
MgO	0.02	0.03	0.02	0.16	0.00
PbO	0.02	0.02	0.00	0.12	0.00
V2O3	0.03	0.04	0.01	0.24	0.00
Ag2O	0.01	0.02	0.00	0.07	0.00
Cr2O3	0.03	0.10	0.00	0.84	0.00
CaO	0.04	0.03	0.04	0.17	0.00
Al2O3	0.01	0.02	0.00	0.13	0.00
SiO2	0.07	0.13	0.03	0.99	0.00

Esfalerite	Méd.	D. P.	Med.	Máx.	Mín.
Zn	56.50	1.33	56.46	58.74	53.88
S	33.53	0.29	33.60	33.97	32.43
Fe	7.85	0.76	7.71	9.58	6.50
Cd	0.92	0.50	0.86	1.79	0.35
Cu	0.15	0.45	0.00	1.91	0.00
Mn	0.15	0.16	0.06	0.46	0.00
W	0.07	0.09	0.05	0.33	0.00
Sn	0.01	0.02	0.00	0.08	0.00
Pb	0.02	0.04	0.00	0.12	0.00
Au	0.01	0.02	0.00	0.07	0.00
Ag	0.02	0.02	0.01	0.05	0.00
Ge	0.01	0.01	0.00	0.04	0.00
Mo	0.08	0.02	0.08	0.11	0.02
In	0.00	0.01	0.00	0.05	0.00
As	0.03	0.10	0.01	0.54	0.00
Ni	0.02	0.02	0.01	0.05	0.00
Se	0.01	0.01	0.00	0.05	0.00
Sb	0.01	0.01	0.00	0.04	0.00
Co	0.01	0.01	0.01	0.04	0.00
Te	0.01	0.02	0.00	0.07	0.00

Arsenopir	Méd.	D. P.	Med.	Máx.	Mín.
As	42.23	2.76	41.64	48.90	37.09
Fe	35.45	1.19	35.79	37.37	30.82
S	21.87	1.90	22.22	25.61	17.04
Co	0.20	0.39	0.05	2.27	0.00
Ni	0.18	0.31	0.05	1.77	0.00
Sb	0.09	0.15	0.03	0.77	0.00
W	0.04	0.06	0.00	0.32	0.00
Sn	0.01	0.02	0.00	0.07	0.00
Pb	0.03	0.04	0.02	0.17	0.00
Au	0.03	0.04	0.02	0.24	0.00
Ag	0.01	0.02	0.00	0.07	0.00
Cd	0.01	0.01	0.00	0.09	0.00
Mo	0.02	0.02	0.01	0.08	0.00
In	0.01	0.02	0.00	0.07	0.00
Zn	0.03	0.05	0.01	0.35	0.00
Mn	0.01	0.01	0.01	0.08	0.00
Te	0.01	0.02	0.00	0.09	0.00

ANEXO 2

Rútilo	Méd.	D. P.	Med.	Máx.	Mín.
TiO2	96.47	2.89	97.25	101.20	86.18
WO3	0.95	1.33	0.37	7.78	0.00
FeO	0.52	0.41	0.43	2.04	0.05
Nb2O5	0.33	0.34	0.27	3.50	0.04
SnO2	0.30	0.37	0.16	2.27	0.00
Ta2O5	0.06	0.08	0.01	0.44	0.00
V2O3	0.15	0.14	0.11	0.54	0.00
P2O5	0.01	0.02	0.00	0.10	0.00
Na2O	0.01	0.01	0.01	0.07	0.00
SO3	0.01	0.02	0.01	0.21	0.00
BaO	0.08	0.04	0.08	0.19	0.00
Bi2O3	0.03	0.04	0.01	0.15	0.00
MgO	0.02	0.04	0.01	0.28	0.00
PbO	0.02	0.03	0.00	0.11	0.00
Ag2O	0.01	0.01	0.00	0.05	0.00
As2O5	0.01	0.01	0.00	0.07	0.00
K2O	0.09	0.10	0.06	0.71	0.00
Cr2O3	0.06	0.07	0.03	0.42	0.00
CaO	0.07	0.08	0.05	0.52	0.00
Al2O3	0.15	0.18	0.09	1.49	0.00
ZnO	0.04	0.05	0.03	0.36	0.00
SiO2	0.27	0.26	0.19	1.67	0.00
NiO	0.01	0.01	0.00	0.06	0.00
ZrO2	0.02	0.03	0.02	0.26	0.00
MnO	0.01	0.02	0.00	0.16	0.00
CuO	0.00	0.01	0.00	0.06	0.00
CoO	0.01	0.02	0.00	0.08	0.00
Sb2O5	0.00	0.01	0.00	0.05	0.00
Au2O	0.01	0.01	0.00	0.06	0.00

Granada	Méd.	D. P.	Med.	Máx.	Mín.
SiO2	37.09	0.23	37.09	37.55	36.66
TiO2	0.16	0.05	0.15	0.38	0.09
Al2O3	21.16	0.19	21.18	21.55	20.69
Fe2O3	12.22	1.51	12.17	14.50	8.91
MnO	13.80	1.36	14.07	15.60	9.19
MgO	0.19	0.04	0.18	0.29	0.11
CaO	15.75	2.24	15.80	22.86	12.48
Cr2O3	0.07	0.03	0.07	0.13	0.01

Clorite	Méd.	D. P.	Med.	Máx.	Mín.
SiO2	27.87	1.26	28.47	29.83	25.70
FeO	24.22	4.42	21.13	31.24	19.83
Al2O3	19.50	0.90	19.76	20.59	17.09
MgO	16.40	3.65	18.46	21.10	10.83
MnO	0.73	0.10	0.75	0.94	0.53
ZnO	0.07	0.06	0.06	0.19	0.00
Cr2O3	0.09	0.03	0.09	0.18	0.02
NiO	0.01	0.02	0.00	0.08	0.00
CaO	0.02	0.02	0.02	0.08	0.00
Na2O	0.01	0.01	0.01	0.03	0.00
K2O	0.04	0.08	0.01	0.40	0.00
BaO	0.02	0.02	0.01	0.09	0.00
TiO2	0.01	0.02	0.01	0.05	0.00
F	0.15	0.10	0.15	0.34	0.00

Galena	Méd.	D. P.	Med.	Máx.	Mín.
Pb	87.45	0.41	87.49	87.97	86.53
S	13.52	0.07	13.54	13.64	13.42
Sb	0.03	0.03	0.03	0.09	0.00
Fe	0.03	0.04	0.03	0.16	0.00
Ag	0.00	0.01	0.00	0.03	0.00
Ga	0.02	0.02	0.02	0.05	0.00
Ge	0.03	0.02	0.03	0.08	0.00
Ni	0.02	0.03	0.00	0.08	0.00
Se	0.01	0.01	0.00	0.03	0.00
Zn	0.02	0.03	0.00	0.09	0.00
Te	0.04	0.02	0.04	0.09	0.00